Ph. XV.
NATURTHECA BIBLIOTHECA BAMBERG. BIBLIOTHECA BAMBERGENSIS.

Grundzüge der Lehre

von dem

Magnetismus

und der

Elektricität

von

Dr. G. W. Osann,

Königlich Bayer. Hofrath und ordentlichem Professor der Physik und allgemeinen Chemie an der Universität zu Würzburg, korrespondirendem Mitgliede der Akademie der Wissenschaften in München, Mitgliede der rheinischen naturforschenden Gesellschaft zu Mainz, der medicinisch-chirurgischen zu Berlin, des physikalischen Vereins zu Frankfurt a/M., des Apothekervereins für das nördliche Deutschland, der mineralogischen Gesellschaft zu Jena und der polytechnischen Gesellschaften zu Frankfurt a/M. und Würzburg.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten galvanokaustischen Abbildungen.

Würzburg.
Stahel'sche Buchhandlung.

1847.

Vorrede.

Schon seit mehreren Jahren bin ich von meinen Zuhörern aufgefordert worden, Grundzüge der Physik herauszugeben, welche ihnen bei meinen Vorträgen als Leitfaden dienen könnten. Diesem Wunsche habe ich jetzt wenigstens in so weit entsprochen, daß ich vorliegendes Buch, welches die Lehre von dem Magnetismus und der Elektricität enthält, herausgegeben habe. Ich sage in Grundzügen, weil dieß Buch keinen Anspruch darauf macht, ein umfassendes Lehrbuch der Wissenschaft zu seyn. Wir besitzen dergleichen vortreffliche in den Lehrbüchern von Müller-Pouillet und Eisenlohr. — Ich habe oft von den Studierenden darüber klagen hören, daß ihnen das Studium umfassender Werke zu schwierig sey. In der That ist der Grund hiervon leicht einzusehen. Wer eine Wissenschaft durch ein solches Lehrbuch sich eigen zu machen sucht, ist dem zu vergleichen, der ein Land kennen lernen will, indem er sich dem Studium einer Specialkarte desselben unterzieht. Hier lernt er Ort für Ort kennen und erhält doch keinen Gesammteindruck. Hingegen ist derjenige, welcher durch einen Vortrag mit Zugrundelegung eines Leitfadens in die Wissenschaft eingeführt wird, dem gleich zu stellen, welcher an der Hand eines Führers einen Berg besteigt und von da das Gebiet erblickt, von dem er Kenntniß sich erwerben will. Hier übersieht er Berge, Thäler, Flüsse und Städte und, indem ihm eine sachgemäße Erläuterung zu Theil wird, erhält er einen Gesammteindruck des Ganzen. Hat er diesen in sich aufgenommen, dann ist es Zeit herunter zu steigen und sich mit den Einzelheiten bekannt zu machen.

Von dieser Ansicht bin ich bei der Entwerfung dieser Grundzüge ausgegangen. Und ich glaube in so fern mein gestecktes Ziel erreicht zu haben, als es die Hauptlehrsätze der Wissenschaft enthält und zugleich diese, wie ich mir schmeichle, mit Klarheit entwickelt. Solche, welche sich einer weitläufigen

Schreibart befleißigen, dürften vielleicht diesem Buch den Vorwurf machen, daß es zu gedrängt geschrieben sey. Dieß halte ich jedoch für keinen Vorwurf und ich würde dieß nicht erwähnen wenn mir nicht früher schon einmal bei einer anderen Gelegenheit dieser Vorwurf gemacht worden wäre. Je ausgedehnter das Gebiet einer Wissenschaft wird, desto mehr muß man sich befleißigen sie in gedrängtem Styl zusammen zu fassen. — Daß ich in Abschnitten, an deren Bearbeitung ich selbst Theil genommen habe, etwas ausführlicher geworden bin, wird man mir wohl nicht verargen. Cicero pro domo in gutem Sinn.

So wie in meinen neuen Beiträgen zur Chemie und Physik habe ich auch in diesem Buch Gelegenheit genommen, mein Verfahren durch Abdrücke von galvanisch geätzten Zinnplatten die Stelle der Holzschnitte zu ersetzen, in Anwendung zu bringen. Der Leser wird beim Vergleich der in diesem Buch enthaltenen, mit den früher in den Beiträgen mitgetheilten Abbildungen finden, daß diese Kunst vervollkommnet worden ist. — Die Abbildungen sind sich nicht gleich, was theils darin liegt, daß ich vom Zeichner nicht so unterstützt worden bin, wie ich wünschte, theils daß ich anfänglich die auf schwarzen Grund befindlichen Zeichnungen etwas zu lange geätzt habe. Bei Gegenständen, welche so weit ausgebildet werden sollen, bis sie praktisch in's Leben übergehen können, ist vor Allem der Satz: praxis est multiplex anwendbar. Es gehört eine große Reihe von Versuchen dazu, bis man sagen kann, man habe Zeit und Umstände so erforscht, daß man es in einer technischen Kunst zur Virtuosität gebracht habe. — Indeß glaube ich doch, daß ich bei der Ausbildung meines Aetzverfahrens über die Hauptschwierigkeiten hinaus bin und daß das, was jetzt noch darin zu thun ist, mehr Sache des Künstlers als des Gelehrten ist. Ich habe in diesem Buch mein Verfahren auf doppelte Weise in Anwendung gebracht, nämlich Platten vertieft zu ätzen und erhaben. Die vertieft geätzten Platten geben die Abbildungen weiß auf schwarz, die erhaben geätzten schwarz auf weiß. Sämmtliche Abbildungen sind von galvanisch geätzten Zinnplatten genommen. Nachdem bereits einige Bogen dieses Buches fertig waren, fand ich, daß das Aetzen schneller von statten ging, wenn ich mich der kleinen Säule, welche Seite 100 beschrieben und auch auf

dem Umschlag enthalten ist, bediente. Drei Elemente von der Größe, daß sie in Obertassen gewöhnlicher Art Platz fanden, sind hinreichend, um eine Platte von der in dem Buche enthaltenen Größe in 2—3 Minuten vertieft zu ätzen. Ich glaube, daß die Abbildungen von vertieft geätzten Platten, wie sie sich S. 8, 46, 122, 137 und 160 vorfinden, nichts zu wünschen übrig lassen. Sie geben den Gegenstand, welchen sie vorstellen sollen, mit großer Bestimmtheit, Klarheit und Feinheit auf dunklem Grund. Auch Abbildungen von erhaben geätzten Platten, wie die S. 6, 7, 14, 29, 31, 82, 97, 99, 129, 155 können dreist Holzschnitten an die Seite gestellt werden und ich habe die gewisse Aussicht, dieß Verfahren noch zu vervollkommnen. Alle geätzten Zinnplatten, von welchen in diesem Buche Abbildungen genommen sind, sind gesammelt und finden sich in der Sammlung der Apparate des physikalischen Cabinets der hiesigen Universität. Sie stehen daselbst Jedermann zur Einsicht. — Wenn nun dieß Verfahren in künstlerischer Beziehung auf seiner gegenwärtigen Entwicklungsstufe als genügend betrachtet werden kann, so darf nicht unerwähnt gelassen werden, welchen großen Vortheil dasselbe in praktischer Beziehung darbietet. Ein Jeder, der zeichnen kann, ist im Stande sich dieses Verfahrens zu bedienen. Und wer kein Zeichner ist, der wird mit wenig Kosten sich Zeichnungen auf solche Platten anfertigen lassen. Ich schlage die Kosten, nämlich Herrichtung einer solchen Platte, Zeichnung und Aetzung auf 27 kr. an, mit Ausnahme des Zinns, welches man behält. Ein Holzschnitt von der Größe der Platten würde auf 4 fl. zu stehen kommen. — Es ist hierbei nicht zu übersehen, daß diese Kunst sich in dem ersten Stadium ihrer Entwicklung befindet, und daß ihr eine erfolgreiche Aussicht bevorsteht, wenn Künstler sich dafür interessiren möchten.

Bevor ich diesen Gegenstand verlasse, sehe ich mich veranlaßt folgende Bemerkung zu machen. In dem Werk vom Dr. Schmidt über Galvanoplastik 1847 wird Seite 214 angeführt: Galvanokaustik nennt Werner in Petersburg das Aetzen galvanographischer Platten und hat in diesem Betreff außerordentlich schöne Resultate mit galvanischen Aetzungen erhalten. Er überzog Platten mit Aetzgrund, fertigte die Zeichnung mit der Radirnadel und brachte dann die auf der Rückseite mit Wachs bedeckte Platte in den galvanoplastischen

Apparat aber natürlich so, daß er sie mit dem Kupferpol verband. Nach höchstens drei Minuten muß man die Verbindung aufheben und die Platte aus der sehr verdünnten Kupferauflösung herausnehmen u. s. w. — In Betreff dieser Aeßerung muß ich bemerken, daß ich mich bereits seit dem Jahre 1841 mit Versuchen beschäftiget habe, Zeichnungen vertieft und erhaben galvanisch zu ätzen, um hiervon sowohl Abdrücke durch Kupferdruck als durch den Druck der gewöhnlichen Presse zu erhalten. Ich habe mein Verfahren der Anwendung des Galvanismus als Stellvertreter des gewöhnlichen Verfahrens der Kupferstecher und der Holzschneider am 2. Juni 1841 im fränkischen Courier und in der Würzburger Zeitung bekannt gemacht. Etwas später, den 3. August 1841, veröffentlichte ich einen Aufsatz über denselben Gegenstand in der Beilage der allgemeinen Zeitung Nr. 217 und machte mein Verfahren mit seinen Einzelnheiten in einer eigenen Schrift betitelt: die Anwendung des hydroëlektrischen Stroms als Aetzmittel, Würzburg 1842, bekannt. Diese Schrift ist zugleich mit Illustrationen versehen, welche von galvanisch geätzten Metallplatten erhalten worden waren. Seit dieser Zeit habe ich mich fortwährend mit der Vervollkommnung dieses Verfahrens beschäftiget und es finden sich in den fünf Heften meiner Beiträge zur Chemie und Physik eine große Anzahl von Abdrücken solcher geätzten Platten, so wie auch die Vervollkommnungen meines Verfahrens darin niedergelegt sind. Auch habe ich dieser Kunst den Namen Galvanokaustik gegeben, siehe obige Schrift S. 14. — Weit entfernt den Rechten anderer zu nahe treten zu wollen, glaube ich doch annehmen zu können, daß ein Jeder es sich selbst schuldig sey, seine Bemühungen und Bestrebungen geltend zu machen. Das suum cuique ist manchen für geistige Errungenschaften von größerem Werth als für materielle.

Inhalt.

Erster Abschnitt.

Vom Magnetismus.

§§. 1. Von den Eigenschaften der Magnete 1—6. 2. Vom Magnetismus der Erde 6—12. 3. Ueber die Erregung des Magnetismus 13—14.

Zweiter Abschnitt.

Von der Elektricität im Allgemeinen und der Reibungselektricität insbesondere.

§§. 1. Einleitung. Elektrische Anziehung. Idioelektrische Körper. Isolatoren, Leiter. Statische und Stromelektricität. Glas- und Harzelektricität. Die Elektrisirmaschine 15—22. 2. Die Theorie der elektrischen Erscheinungen von Franklin, die dualistische Theorie derselben von Robert Symmer. Die elektrische Mittheilung, die elektrische Vertheilung 22—29. 3. Elektrische Apparate und Instrumente. Der Entlader. Der allgemeine Auslader von Henley. Die elektrische Batterie. Das Elektrophor. Elektrometer und Elektroscope. Der Condensator. Der Duplikator. Die elektrische Verstärkungsflasche von Lane 29—35. 4. Die elektrischen Erscheinungen insbesondere. Erscheinungen der Anziehung und Abstoßung. Verbreitung der Elektricität auf der Oberfläche von Leitern. Elektrische Figuren, Lichtenbergische, Hauchfiguren. Der elektrische Funke. Elektrische Lichterscheinungen. Dauer des elektrischen Funkens 36—47. 5. Mechanische Wirkungen der Elektricität, chemische, physiologische, Beziehungen zum Licht 47—59. 6. Mechanik der elektrischen Erscheinungen, Wärme und Reibungselektricität, elektrische Mittheilung 59—64. 7. Ueber die Frage, ob es eine oder zwei Elektricitäten giebt 64—69. 8. Krystallelektricität. Dampfelektrisirmaschine. Der Blitz, ein elektrischer Funke 69—72.

Dritter Abschnitt.

Vom Galvanismus oder der Elektricität durch Berührung.

§§. 1. Die Grundversuche für die Berührungselektricität. Die elektrische Spannungsreihe 73—76. 2. Die Voltaische Säule. Die Zambonische Säule. Die Säule von Gassiot 77—80. 3. Grundversuche für die chemische Theorie der Säule. Jodgalvanometer. Die chemische Theorie mit einer gewissen Modifikation 86—88. 4. Von den Voltaischen Säulen insbesondere. Polarisation der Platten. Aeltere Einrichtungen derselben. Neuere. Die Daniel'sche Säule. Die Grove'sche. Cylinder von Gyps. Die Compressionssäule. Die Grove'sche Säule mit kleinen Platinelementen. Der Deflagrator. Die Kohlenbatterie von Bunsen 89—101. 5. Physiologische Wirkungen der Säule. Wärmeerscheinungen, Lichterscheinungen, chemische 101—106. 6. Erscheinungen verschiedener Art, welche durch elektrische Ströme hervorgebracht werden. Nobilische Figuren. Passivität des Eisens und andere Metalle 106—117.

8. Technische Anwendung des Galvanismus, Galvanoplastik. Galvanographie. Galvanokaustik. Galvanometallotik 117—130. 9. Von hydroelektrischen Ketten besonderer Art. Ketten aus zwei Flüssigkeiten und einem Metall. Die Bucholz'sche Kette, Die Kette von Becquerel. Die Gasplatinsäule, Ritters Ladungssäule 130—134.

Vierter Abschnitt.

Von der Elektrodynamik und Elektrostatik.

§§. 1. Gründung des Elektromagnetismus. Astatische Nadeln. Der Multiplikator. Anziehung gleichlaufender, Abstoßung entgegengesetzt laufender Ströme. Der Stromwender 135—142. 2. Mathematische Behandlung der Erscheinungen der Voltaischen Säule. Das Ohmische Gesetz 142—154. 3. Zurückführung der magnetischen Erscheinungen auf die Anziehung und Abstoßung elektrischer Ströme 154—160. 4. Bewegungen hervorgebracht durch elektrische Ströme und Magnetismus 160—161. 5. Elektrische Ströme durch Induktion 161—164. 6. Magnetelektricität 164—168. 7. Rotations-Magnetismus 168—170. 8. Von dem Extrastrom 170—172.

Fünfter Abschnitt.

Beziehungen der Wärme und des Lichtes zur Elektricität. Elektrische Fische. Telegraphie. Bewegungsmaschinen.

§§. 1. Termoëlektricität 173—175. 2. Beziehung des Magnetismus zum Licht 175—178. 3. Elektrische Fische 178—179. 4. Elektrische Telegraphie. Bewegungsmaschinen 179—183.

Erster Abschnitt.

Vom Magnetismus.

§. 1.

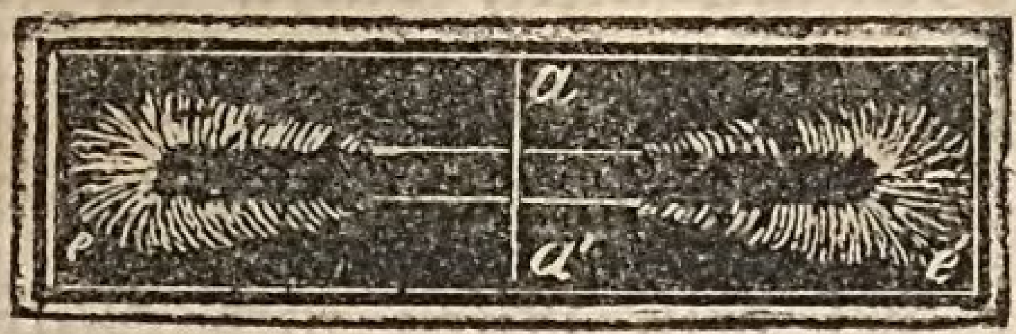
Von den Eigenschaften der Magnete

Die Eigenschaft eines leicht beweglichen Stäbchen Eisens zwischen Nord und Süd eine bestimmte Stellung einzunehmen, dürfte zu den merkwürdigsten Erscheinungen der Natur gehören. Gewohnt, die Naturkräfte allgemein verbreitet wirken zu sehen, muß es im höchsten Grade auffallen, diese Kraft im engern Sinn nur bei dem Eisen und Nickel vorhanden wahrzunehmen. Ich sage, im engern Sinn, denn, Dank den Naturforschern des gegenwärtigen Jahrhunderts, die lange einzeln und wie verlassen aufbewahrten Magnete sind aus den Winkeln der physikalischen Kabinete hervorgeholt und sind jetzt in den weiten Kreis elektrischer Apparate eingereiht worden. Ausserordentliches ist in Beziehung auf den Zusammenhang zwischen Elektricität und Magnetismus geleistet worden, und es dürfte nicht gewagt seyn, zu behaupten, daß noch Bedeutendes bevorsteht.

Man erzählt, daß in der Nähe der Stadt Magnesia in Kleinasien zuerst der Magneteisenstein aufgefunden worden sey. Er wurde von den Alten λίθος μαγνήτης nach seinem Fundort genannt. Dieser Stein ist ein dunkelgraues Eisenerz, welches meistens in Urgebirgen vorkommt. Doch hat man es auch in Serpentinstein gefunden. Es kommt zuweilen in großer Menge vor; so befindet sich auf dem Ural ein Berg, der ganz aus Magneteisenstein besteht. Seiner chemischen Zusammensetzung nach ist er eine Verbindung von Eisenoxyd und Eisenoxydul. — Es ist ein bemerkenswerther Umstand, daß der Magneteisenstein im Innern seiner Lagerstätte sich nicht magnetisch zeigt, sondern diesen Zustand erst annimmt, wenn er zu Tage gefördert wird, d. h. die Einwirkung der Atmosphäre erleidet.

Legt man einen solchen Stein in Eisenfeile, so bemerkt man, daß er diese anzieht und daß es zwei Stellen an ihm giebt, welche am stärksten

diese Anziehung äussern. Man hat diese Pole genannt. Zugleich zeigt sich, daß die Theile der Eisenfeile stets an einander hängen, woraus zu schließen ist, daß die Kraft in dem Magneteisenstein sie selbst zu kleinen Magneten gemacht hat. Es bewirkt aber die Kraft in diesem Steine nicht blos, daß kleine Eisentheile an ihm hängen bleiben, sondern sie wirkt auch anziehend in die Ferne. Je nachdem er stärker oder schwächer ist, zieht er Eisenstücke in Entfernungen von $^1/_3''$ bis $^1/_2''$ und darüber an. Durch Erregung dieser Kraft in Stäben von Stahl erhält man Magnete, welche im Gegensatz mit den in der Natur gefundenen Magnetsteinen, künstliche Magnete genannt werden. Man kann mittelst diesen deutlicher als mit den natürlichen die Richtungen wahrnehmen, in welchen die magnetischen Kräfte wirken. Legt man einen solchen magnetischen Stab oder, wie man sich auszudrücken pflegt, Linearmagnet in Eisenfeilspäne, so umzieht er sich, wie Figur zeigt, damit.



Betrachtet man die Wirkung eines solchen Linearmagneten auf Eisenfeilspäne, so sieht man, daß die Anziehung am stärksten an den beiden Enden ist, und von da sich nach der Mitte verliert. Die auf den längeren Seiten befindlichen Fasern von Eisenfeile neigen sich, je näher sie dem Mittelpunkte sind, gegen diesen.

Ausser dem Eisen und eisenhaltigen Körpern ist bis jetzt erst mit Gewißheit nachgewiesen worden, daß die magnetische Kraft sich auch dem Nickel mittheilen lasse. Lange Zeit hat man geglaubt, daß auch der Kobalt magnetisch sey, eine Annahme, welche wegen der Aehnlichkeit dieses Metalls mit dem Nickel viel Wahrscheinlichkeit hat. Es ist dies jedoch nach den neuesten Versuchen von Faraday nicht der Fall. Da jedoch das Eisen bei Rothglühhitze und der Nickel bei 340° C. den Magnetismus verlieren, so ist es keine zu verwerfende Hypothese, daß das Vorhandenseyn dieser Kraft in den Metallen von der Temperatur abhängt, und daß vielleicht alle Metalle bei sehr hohen Kältegraden den magnetischen Zustand annehmen. Es würde sich dann der Stahl mit seinem Magnetismus gegen andere nicht magnetische Körper verhalten, wie das Quecksilber, welches bei der gewöhnlichen Temperatur bereits die Gränze der Schmelzbarkeit überschritten hat, zu den anderen Metallen. Dove hat neuerdings einen besonderen Weg eingeschlagen, um über die Frage zu entscheiden, ob die anderen Metalle nicht in einem gewissen Grade magnetisch gemacht werden können. Wir werden bei der Lehre vom Elektromagnetismus sehen, daß Eisen durch elektrische Ströme in einem ausserordentlichen Grad magnetisch gemacht werden

kann. Dove hat nun versucht, ob nicht auch andere Metalle durch dieselbe Behandlung in einem gewissen Grade magnetisch gemacht werden können. Er fand, daß dies wirklich der Fall ist, und ermittelte, daß sie sich nach der Stärke dieser Kraft in folgender Reihe ordnen lassen. Kupfer sehr stark, Antimon, Wismuth, Quecksilber, Zinn schwächer, Blei und Zink unbeträchtlich. Der Magnetismus wirkt, mit Ausnahme der Metalle, welche selbst magnetisch sind, durch alle Körper hindurch. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man auf eine Glasscheibe oder Papier Eisenfeile legt und darunter einen Magnet hält. An allen den Stellen, wo unterhalb die Pole des Magneten sich befinden, sieht man die Eisenfeile sich in die Höhe richten. Diese Eigenschaft des Magnetismus durch Körper hindurch in die Ferne zu wirken, ist zur Anfertigung mancherlei Spielereien benutzt worden. Unter diesen dürfte die von dem Herrn v. Kempelen zu Stande gebrachte Schachmaschine den ersten Platz einnehmen. — Bei denjenigen Körpern, welche selbst die Eigenschaft haben, Magnetismus anzunehmen, wird diese Kraft durch Vertheilung fortgepflanzt. Der Magnetismus ist keine Kraft, welche unmittelbar an die materiellen Theile der Körprr gebunden ist, denn schneidet man einen Linearmagnet in der Mitte durch, rechtwinklich gegen seine Längenaxe, so erhält man zwei Magnete, jeder versehen mit zwei Polen und einer indifferenten Mitte. —

Es wurde bereits bemerkt, daß die Enden eines Magnets, in welchen die magnetischen Kräfte am stärksten auftreten, die Pole genannt werden. Um ihr Verhalten gegen einander kennen zu lernen, bedient man sich einer kleinen, auf einer Spitze frei schwebenden Magnetnadel. Man nennt den Pol der Magnetnadel, welcher nach Norden gekehrt ist, den Nordpol, den nach Süden gewendeten den Südpol. Bringt man nun in die Nähe des Nordpols der Nadel den Nordpol eines Magneten, so wird dieser abgestoßen, bringt man den Südpol in Annäherung, so wird er angezogen. Man spricht dies Verhalten in den Worten aus: „gleichnamige Pole stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an.“ Nach diesem Gesetz läßt sich nun mit obiger Nadel leicht bestimmen, von welcher Art der Pol eines Magneten ist. Man braucht ihn nur in die Nähe des Nordpols der Nadel zu bringen. Wird sie angezogen, so ist es ein Südpol, wird sie abgestoßen, ein Nordpol.

Die Anziehung des Eisens durch den Magnet beruht auf der Eigenschaft desselben, selbst zum Magnet zu werden. Um zu begreifen, wie dies möglich seyn kann, nehmen wir, wie bei der Electricität ein Etwas an, welches als das Substrat der magnetischen Kräfte zu be-

trachten ist. Es ist das Einfachste, dies Substrat als eine feine unwägbare Flüssigkeit anzusehen, welche sich in den Körpern befindet, die des Magnetismus fähig sind. Wird ein solcher Körper dem Pol eines Magneten genähert, so wird diese Flüssigkeit zerlegt und zerfällt auf dieselbe Weise, wie wir später bei der Electricität sehen werden in zwei, wovon die eine den Nordpol, die andere den Südpol erzeugt. Wir wollen den unzerlegten Zustand mit OM und die Theile, in welche sie sich trennen läßt, mit NP (Nordpolarität) und SP (Südpolarität) bezeichnen. — Ueber dies Verhalten belehrt uns folgender Versuch. Man befestige ein längliches Stück weichen Eisens, etwa ein Stück Eisendraht, horizontal auf ein Stück Holz. Es wird nun eine Nähnadel so aufgehängt, daß ihr Ende ganz nahe dem einen Ende des Eisendrahts ist. Hierauf wird dem anderen Ende des Drahtes der Pol eines Magneten genähert. Man wird jetzt beobachten, daß die Nadel von dem ihr zunächst liegenden Drahtende angezogen wird, obgleich der Magnet in einer Entfernung sich befindet, in welcher er nicht im Stande ist, auf die Nadel zu wirken. Nehmen wir an, daß der genäherte Pol des Magneten der Nordpol gewesen sey, dann wird man finden, daß das dem Magneten zugekehrte Ende des Drahtes südpolarisch, das entfernte nordpolarisch geworden ist. Man hat diese Art der Zerlegung des ursprünglichen magnetischen Zustandes die Vertheilung genannt. — Ein dem Pol eines Magneten genähertes Stück Eisen wird also durch Vertheilung selbst magnetisch, d. h. es bekommt zwei Pole, von welchen der, welcher dem Pol des Magneten zugekehrt ist, der ungleichnamige desselben ist. Ist nun die Anziehung, welche zwischen den gegenüber befindlichen magnetischen Polen stattfindet, so groß, daß sie die Wirkung der Schwerkraft des Stück Eisens überwindet, so wird es von dem Magnet angezogen. — Die Bärte von Eisenfeilspänen, welche an den Polen eines Magneten entstehen, wenn er mit ihnen in Berührung gebracht wird, sind ebenfalls als die Wirkung der Vertheilung der magnetischen Kraft in ihnen zu betrachten. Das Eisentheilchen, welches den magnetischen Pol berührt, erleidet eine magnetische Vertheilung, d. h. es erhält zwei Pole. Mit dem einen Pol hängt es an dem Pol des Magnets, mit dem anderen abgewendeten zieht es das nächste Theilchen an, polarisirt es, und bewirkt hiedurch, daß es nun als Magnet auf gleiche Weise weiter wirkt.

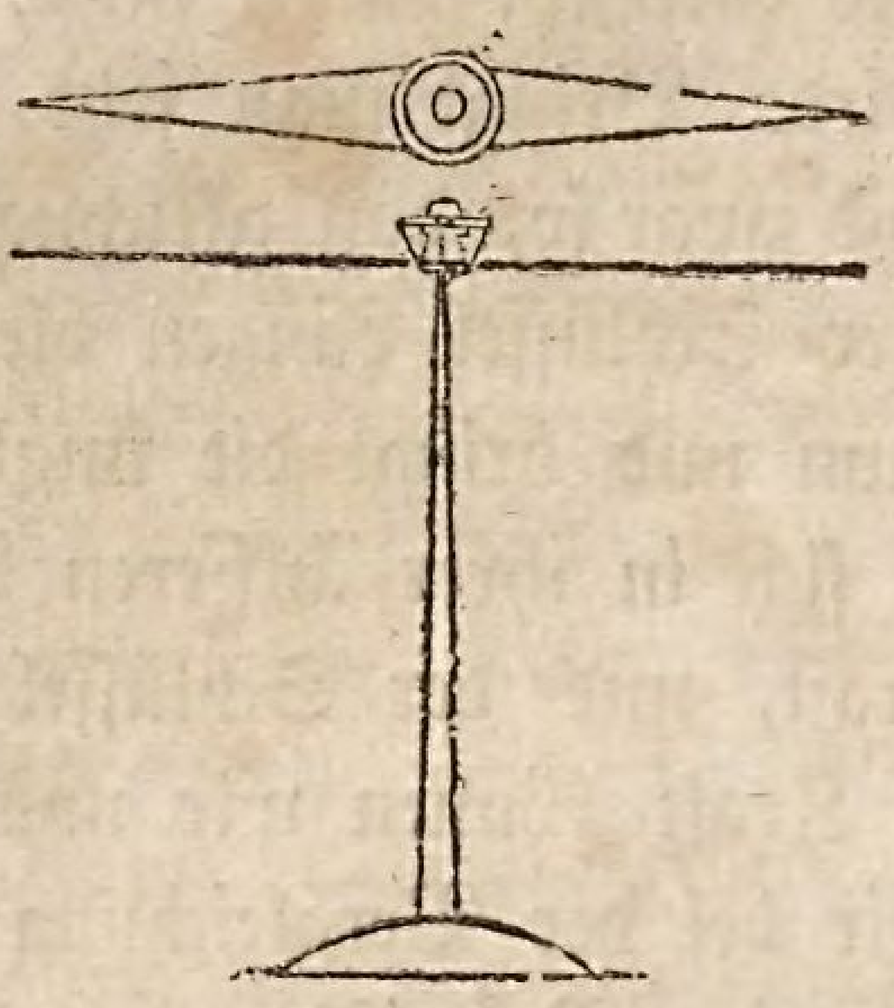
Berühren sich zwei Magnete mit ihren ungleichnamigen Polen, so haften sie an einander und die Wirkung ihrer magnetischen Kraft nach Aussen vermindert sich. Von dieser Schwächung der magnetischen Kraft kann man sich leicht durch folgenden Versuch überzeugen. Man

hänge an dem Pol eines Linearmagneten ein kleines Stückchen Eisen, etwa einen Schlüssel auf, welcher ein solches Gewicht haben muß, daß er eben noch von dem Magnet getragen wird. Bringt man jetzt einen anderen Magnet in die Nähe desselben, und zwar so, daß gleichnamige Pole zusammengebracht werden, so wird der Schlüssel hängen bleiben, dreht man hingegen den zweiten Magnet um und bringt die ungleichnamigen Pole zusammen, so schwächen sie sich in ihrer äusseren Wirkung durch ihre gegenseitige Anziehungskraft, und der Schlüssel fällt herab. — Hinsichtlich des Wesens dieser Kraft können wir uns nur mit Analogieen behelfen. Diese finden wir bei der Vergleichung derselben mit der Elektricität. Ein Magnet und eine Volta'sche oder besser eine Zamboni'sche Säule lassen sich sehr gut mit einander vergleichen. Auch bei den Säulen haftet die Elektricität nicht unmittelbar an den Theilen derselben. Halbirt man eine Säule, so erhält man nicht zwei neue, wovon jede nur einen Pol hat, sondern man bekommt zwei neue Säulen, jede mit zwei Polen versehen. Die Analogie zwischen diesen beiden Kräften ist in dieser Beziehung vollständig. Wir werden also auch bei den Magneten einen polaren Zustand der einzelnen Theile, aus welchen sie zusammengesetzt sind, anzunehmen haben, und die Steigerung der magnetischen Kräfte nach den beiden Polen hin auf eine dem Wesen der Elektricität gemäße Weise erklären können.

Ein bemerkenswerther Unterschied in der Aufnahme des Magnetismus findet zwischen Stahl und weichem Eisen statt. Weiches Eisen wird schnell durch einen Magnet in den magnetisch polaren Zustand versetzt, verliert aber diesen Zustand sehr leicht wieder. Hingegen geht Stahl langsam in diesen Zustand über, behält ihn aber dann auch. — Will man die magnetischen Erscheinungen mit den elektrischen vergleichen, so würde man sagen, der Magnetismus im Stahl verhält sich wie der elektrisch polare Zustand einer trocknen Säule, welche fortwährend ihre Elektricität an den Polen erhält, hingegen entspricht der Magnetismus im weichen Eisen der Elektricität einer aus gewöhnlichen Elementen zusammengesetzten Säule, deren Kraft sich beständig vermindert. Um zu verstehen, woher es komme, daß die in den Polen enthaltenen magnetischen Kräfte sich in den Stahlmagneten erhalten und vermöge ihrer Anziehung sich nicht wieder ausgleichen und OM erzeugen, hat man eine eigene der Vereinigung entgegen wirkende Kraft angenommen und mit dem Namen Coërcitivkraft belegt. Man erklärt hieraus auch zugleich die Eigenschaft des Stahls, weniger leicht den Magnetismus anzunehmen, als Eisen.

Die gewöhnliche Form, welche man den Magneten giebt, um leicht damit Versuche anzustellen, ist die einer auf einer Spitze schweben-

den leicht beweglichen Nadel, wie sie die Figur darstellt. Die obere



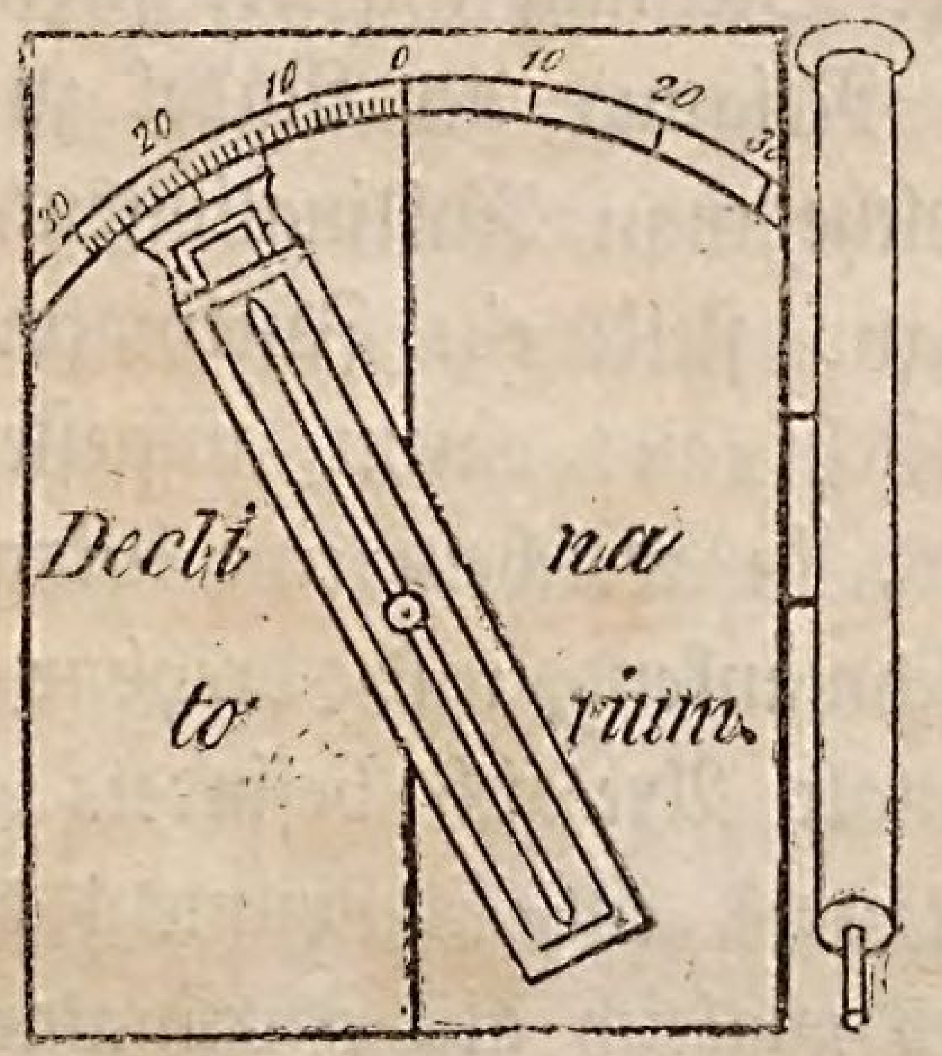
Figur zeigt die Nadel von oben betrachtet, die untere, wie sie auf einer Spitze ruht. Am Ruhepunkte befindet sich ein Hütchen von Achat, mit welchem die Nadel auf der Spitze des Stativs aufsitzt. Da sie leicht beweglich ist, so stellt sie sich mit ihren Polen zwischen den magnetischen Nord- und Südpol. Je nachdem man einem der Pole einen ungleichnamigen oder gleichnamigen eines Magneten nähert, lassen sich magnetische Anziehungen und Abstoßungen zeigen. —

§. 2.

Vom Magnetismus der Erde.

Obwohl den Alten die anziehende Kraft des Magneteisensteins bekannt war, so ahndeten sie doch nicht, welcher Schatz hinter dieser Eigenschaft verborgen war. Thatsache ist, daß eine leicht beweglich aufgehängte Magnetnadel eine bestimmte Richtung zwischen dem Norden und Süden der Erde einnimmt, in welche sie wieder nach einigem Hin- und Herschwingen zurückkehrt, wenn sie aus dieser Lage versetzt wurde. Da diese Eigenschaft einer Nadel fehlt, welche nicht magnetisch ist, so ist klar, daß es der Magnetismus ist, welche die Nadel in diese Richtung versetzt. Diese Eigenschaft ist bis jetzt überall auf der Erdoberfläche, in Höhen und Tiefen, auf dem Lande, wie auf dem Meere beobachtet worden, sie muß also in einer allgemeinen auf der Erdoberfläche verbreiteten Kraft ihren Grund haben. Wir nehmen an, daß die Erde selbst ein Magnet sey, eine Annahme, welche durch die verschiedenen auf der Erdoberfläche angestellten Beobachtungen vollkommen bestätiget worden ist. Eine Folge dieser Annahme ist, daß die Pole des Erdmagneten in der Nähe der Pole der Erdaxe fallen müssen. Von der Wirkung des Erdmagneten auf die Magnetnadel erhält man eine deutliche Vorstellung, wenn man eine horizontal aufgehängte Magnetnadel über einen Linearmagneten schweben läßt. In der Mitte zwischen den beiden Polen nimmt sie eine vollkommen horizontale Stellung ein. Geht man über diese Stelle hinaus, und nähert sich dem einen Pol, so senkt sich die dahin gerichtete Spitze, nähert man sich dem anderen Pol, so senkt sich die entgegengesetzte. Gerade dasselbe Verhalten zeigt nun die Magnetnadel auf der Erdoberfläche. Man hat diese Senkung

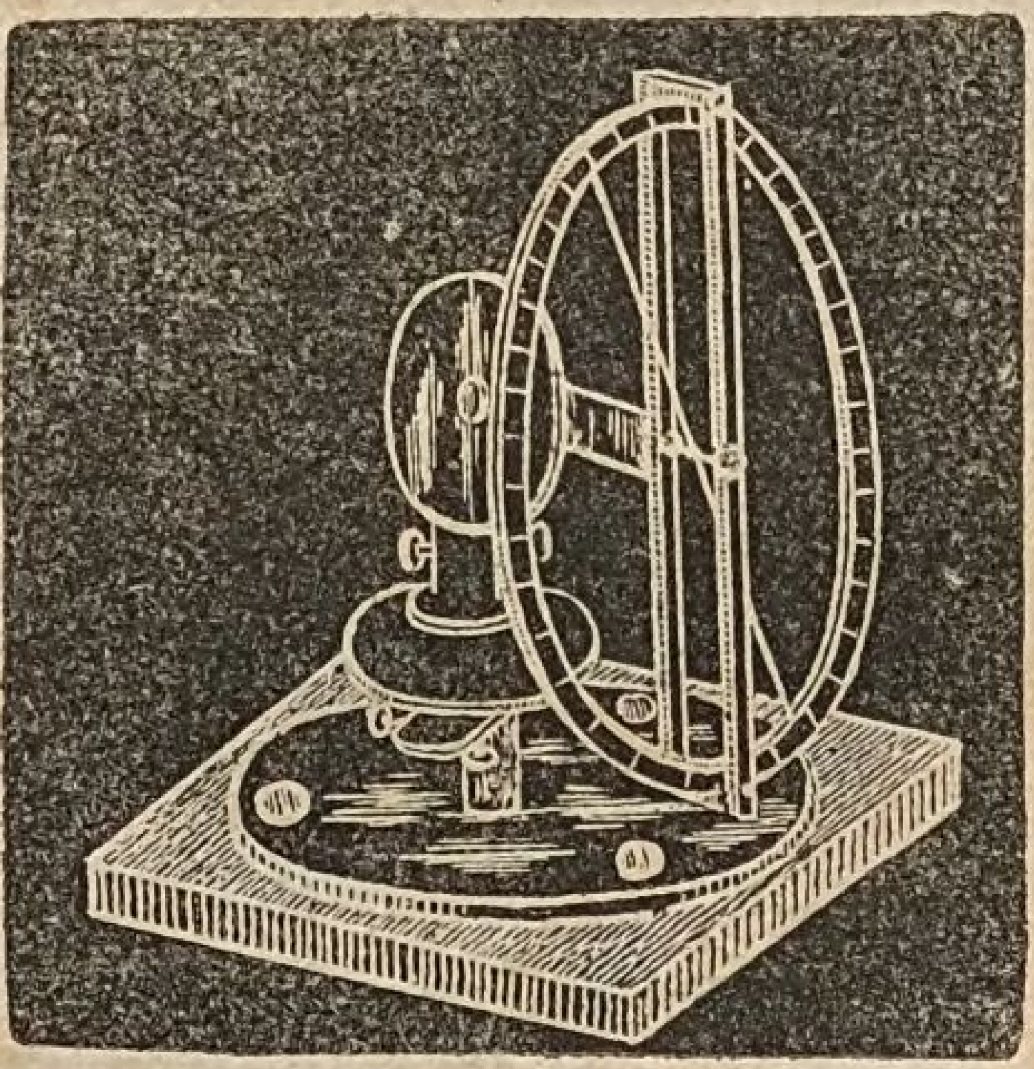
der Spitze der Magnetnadel nach den Polen die magnetische Inklination genannt. — Die Richtung, welche eine freischwebende Magnetnadel einnimmt, fällt nicht mit der des Erdmeridians zusammen, sondern bildet mit diesem einen spitzen Winkel. Eine Nadel, welche in unserem Breitengrade aufgehängt ist, zeigt mit der Nordspitze nach Nord-Nordwest, mit der Südspitze nach Süd-Südost. Dies ist also die Richtung, in welcher die Pole des Erdmagneten wirken. Eine vertikale Ebene in dieser Richtung gelegt, ist der magnetische Meridian. Man nennt den Winkel, welchen dieser mit dem Erdmeridian macht, die Deklination der Magnetnadel, oder die Abweichung. Instrumente, welche zur Bestimmung der Deklination der Nadel dienen, heißen Deklinations-Nadeln, Deklinationsboussolen oder Deklinatoria. — Ein solches Instrument besteht aus einer über einen eingetheilten Kreis frei schwebenden Magnetnadel. Zur Seite des viereckigen Kastens, in welchem die Nadel sich befindet, ist ein Fernrohr angebracht, die Axe desselben ist durch diese Stellung parallel laufend der Linie, welche sich vom Nullpunkte des eingetheilten Kreises nach dem 180 Grade der Kreiseintheilung ziehen läßt. Bringt man nun die Axe des Fernrohrs genau in die Richtung des Erdmeridians, d. h. genau zwischen den Nordpol und Südpol der Erde, so wird die Nadel die Richtung angeben, in welcher der magnetische Meridian den Erdmeridian schneidet. Da der Winkel, welchen die Magnetnadel mit dem Erdmeridian bildet, noch innerhalb des ersten Viertheils des rechten Winkels liegt, den der Meridian mit dem Aequator macht, so rechtfertiget sich hierdurch der Ausdruck, daß die Magnetnadel nach Norden zeige. — Die Magnetnadel der Seefahrer oder der Schiffscompaß hat dieselbe Einrichtung, nur ohne Fernrohr. Sie dient den Seeleuten, die Richtung gegen Norden und hierdurch die Himmelsgegenden zu finden. In Europa wurde der Compaß im 13 Jahrhundert bekannt. In China soll er 1100 Jahre v. Chr. erfunden worden seyn.



Die Beobachtungen, welche man mit der Deklinationsnadel angestellt hat, haben gezeigt, daß sie fortwährenden Veränderungen unterworfen ist. Im Jahre 1580 fand in Paris eine östliche Abweichung der Magnetnadel statt, welche 11°30′ betrug, 1663 war sie null. Seit dieser Zeit hat sie sich westlich bewegt, und zeigte im Jahr 1700 eine

westliche Abweichung von 8°10′. Im Jahr 1814 hat sie das Maximum der westlichen Abweichung erreicht, und stand auf 22°34′. Seitdem bewegt sie sich wieder östlich. — Im Januar des Jahres 1840 war die Deklination in Göttingen 18° 18′ westlich. Sie nimmt jährlich um 4 bis 5 Minuten ab.

Es wurde bereits bemerkt, daß der Magnetismus der Erde nicht blos in horizontaler Richtung einen Einfluß auf die Magnetnadel ausübt, sondern auch in vertikaler. Hängt man in unseren Breitengraden eine Magnetnadel im Schwerpunkte auf, so bemerkt man bald, daß sie ihre Nordspitze senkt. Und zwar senkt sie ihre Spitze um so mehr, je mehr man sich dem Nordpol nähert. Entfernt man sich hingegen von Norden und nähert sich dem Aequator, so sucht sie wieder die horizontale Stellung einzunehmen. Genau dasselbe findet mit der Südspitze der Nadel statt, wenn man ihre Stellung auf der südlichen Halbkugel der Erde beobachtet. Um diese Neigung der Nadel zu bestimmen, hat man eigene Instrumente, welche man Inklinationsnadeln oder Inklinatoria nennt. Beigegebene Figur stellt ein Inklinatorium dar.



Es besteht aus einem aufgestellten Vertikalkreis, in welchem eine Magnetnadel frei schwankend und drehbar um ihre horizontale Axe sich befindet. Die Figur zeigt uns ein Instrument dieser Art, welches zugleich als Inklinatorium und Deklinationsnadel gebraucht werden kann. Mittelst Schrauben kann nämlich der Kreis, worin die Nadel schwankt, vertikal und horizontal gestellt werden. Steht der Kreis, wie hier abgebildet ist, vertikal, so dient es als Inklinatorium. Stellt man nun das Instrument so auf, daß sich der Vertikalkreis in der Richtung des magnetischen Meridians befindet, so stellt sich die Magnetnadel in der Richtung, in welcher die magnetische Kraft der Erde wirkt. Diese Richtung der Nadel, welche man eben die Inklination nennt, macht in unseren Gegenden mit der Horizontallinie einen Winkel von ungefähr 70°. Da die Inklination der Nadel zunimmt, je mehr man sich dem Nordpol nähert, so läßt sich die Folgerung ziehen, daß man eine Stelle finden werde, bei welcher die Nadel rechtwinklich steht, wo man sich also am magnetischen Nordpol befinden würde. Ein solcher Punkt wurde wirklich vom Kapitän Roß gefunden. Er fand, daß unter 70° 5′ N. B. und 263° 14′ östlich von Greenwich die Inklination 90° betrug. Es

liegt in der Natur der Sache, daß es einen diesem entsprechenden Südpol geben muß. Ebenso ist es eine einfache Folgerung, daß es auch einen magnetischen Aequator geben muß, der, da die magnetischen Pole nicht mit den der Erde zusammenfallen, auch nicht mit dem der Erde Eins seyn kann. Die Beobachtungen haben überdem gezeigt, daß er keinen regelmäßigen Kreis um die Erde bildet. Auch die Inklination ist wie die Deklination Veränderungen unterworfen, welche jedoch weniger beobachtet sind, als die letzteren. Die Inklination betrug im Jahr 1836 in Rom 61° 42′, in Brüssel 68° 32′ und in Petersburg 71°. — Die hier angeführten Veränderungen der Magnetnadel sind jedoch nicht die einzigen. Auch monatliche mit dem Wechsel der Jahreszeiten in Zusammenhang stehende, sowie tägliche und stündliche sind beobachtet worden. — Bemerkenswerth ist, daß das Erscheinen der Nordlichter in Zusammenhang mit den Schwankungen der Magnetnadel steht. So wie ein Nordlicht am Himmel ist, fängt sie an zu zittern, als fühlte sie die Nähe eines unheimlichen Wesens.

Für die Entwicklung der Lehre vom Magnetismus haben die Versuche von Gaus eine neue Epoche begründet. Anstatt der gewöhnlichen magnetischen Instrumente bedient sich Gaus eines neuen von ihm angegebenen, des Magnetometers. Ein viereckiger Eisenstab vom beträchtlicher Größe, welcher genau nach seiner Längenaxe magnetisch gemacht worden ist, wird mittelst einer Hülse von Messing, welche seine Mitte umgiebt, mit einer großen Anzahl Fäden ungesponnener Seide an die Decke eines Saales aufgehängt. An dem einen Ende des Stabes ist ein Planspiegel angebracht, welcher genau eine rechtwinkliche Stellung gegen die Axe des Magnetstabes hat. Diesem Spiegel gegenüber ist in einer Entfernung von 15′ ein Theodolith aufgestellt, welcher am Fuß seines Gestells eine Scale in Millimeter getheilt, enthält, die so gestellt ist, daß sie sich in dem am Magnetstab befestigten Spiegel abbildet. An dem obern Rand der Einfassung des Objektivglases ist ein Loth angebracht, welches durch seine vertikale Stellung das Objektivglas gerade halbirt. Da nun der Magnetstab vermöge seiner freien Aufhängung sich in die Richtung des magnetischen Meridians stellt, so wird, wenn der Theodolith eine solche Stellung einnimmt, daß der vertikale Faden des Fadenkreuzes des Fernrohrs und das Loth sich decken und genau die im Spiegel beobachtete Eintheilung halbiren, die Axe des Magnets und die Axe des Fernrohrs in einer Linie sich befinden. — Wegen der großen Entfernung des Fernrohrs vom Magnetstab werden die Abweichungen sehr deutlich wahrnehmbar und können mittelst der Theilung genau gemessen werden. — Hauptsächlich mittelst dieses

Instruments ist es gelungen, nachzuweisen, daß sich die Magnetnadel in fortwährenden Schwankungen befindet. Um die an gewißen Perioden gebundenen Schwankungen von denen zu unterscheiden, welche unregelmäßig eintreten, nennt man erstere Variationen, letztere Störungen. — Vorzüglich sind in Göttingen mit diesem Instrumente Beobachtungen angestellt worden. Man fand, daß die Amplitude der Variationen, d. h. der Winkel zwischen dem westlichen und östlichen Stand in den Sommermonaten größer ist, als in den Wintermonaten. In Paris betrachtet man folgenden Gang der täglichen Variationen. In der Nacht ist die Nadel fast ganz ruhig. Die Variation beginnt mit Sonnenaufgang. Man sieht dann das Nordende der Nadel westlich abweichen. Etwa um 5 Uhr Nachmittags findet das Maximum der westlichen Abweichung statt, von da geht die Nadel wieder östlich und erreicht vor Mitternacht ihr östliches Maximum.

Es ist eine für den Physiker wichtige Aufgabe, die Intensität der magnetischen Kraft an den verschiedenen Punkten der Erde zu bestimmen. Das hierbei in Anwendung gebrachte Verfahren ist genau dasselbe, welches bei der Bestimmung der anziehenden Kraft der Erde angewendet wird. Es wird in dem Theil der Physik, welcher von der Schwerkraft handelt, gezeigt, daß sich die Intensitäten der anziehenden Kraft der Erde an zwei verschiedenen Orten, wie die Quadrate der in gleichen Zeiten stattgefundenen Pendelschwingungen verhalten. Wir werden daher, um die magnetischen Intensitäten an zwei verschiedenen Punkten zu bestimmen nur nöthig haben, die Oscillationen ein und derselben Magnetnadel an diesen Orten in gleichen Zeiten zu bestimmen, die Anzahl derselben zum Quadrat zu erheben und das Verhältniß dieser Zahlen in ihrem kleinsten Werthe auszudrücken. Nimmt man dann die Intensität der magnetischen Kraft irgend eines Orts als Einheit an, so lassen sich die magnetischen Intensitäten der verschiedenen Orte gegen den einen in Dezimalbrüchen ausdrücken. Da die Inklinationsnadel die Richtung angiebt, in welcher die magnetische Kraft wirkt, so können eigentlich nur mit dieser genaue Versuche über die Intensität des Erdmagnetismus angestellt werden. Indessen können auch mit der Deklinationsnadel Versuche hierüber vorgenommen werden. Die Richtung der Deklinationsnadel ist nämlich der Cosinus des Winkels, welchen die Inklinationsnadel mit ihr macht. Um daher die magnetische Intensität aus den Schwingungen der Deklinationsnadel zu erhalten, hat man nur nöthig, das Quadrat der Anzahl der Schwingungen durch den Cosinus des Winkels zu dividiren, welchen die Inklinationsnadel mit der Deklinationsnadel macht. — Es ist begreiflich, daß die

magnetische Intensität unter dem Aequator am geringsten ist, und von da nach den Polen hin zunimmt. An dem Pole soll sie 1,5mal stärker seyn, als unter dem Aequator.

Wenn wir die Vergleichung zwischen dem Pendel und dem Magnet beibehalten, so leuchtet ein, daß zwei Magnetnadeln, wovon die eine stärker, die andere schwächer magnetisch ist, sich so zu einander verhalten werden, wie zwei Pendel, welche in ungleicher Entfernung von der Erdoberfläche in Bewegung gesetzt werden. So wie nun der entferntere langsamer schwingt, als der nähere, so wird auch die Magnetnadel, welche schwächeren Magnetismus hat, langsamer schwingen, als die andere. Und zwar wird das Quadrat der Anzahl der Zeiteinheiten während einer Oscillation sich umgekehrt verhalten, wie die entsprechenden magnetischen Kräfte. Und da die Schwingungszeit sich umgekehrt verhält, wie die Anzahl der Schwingungen, die in einer gegebenen Zeit gemacht werden, so hat man

$$f' : f = n'^2 : n^2$$

in welchem Ausdruck f' und f die magnetischen Kräfte und n' und n die Anzahl der Schwingungen bedeuten.

Ein anderes Verfahren, die Intensität der magnetischen Kräfte zu bestimmen, giebt uns die Drehwaage an die Hand. Es wird in der Elektricitätslehre angeführt werden, daß die Kraft, mit welcher ein gedrehter Faden wieder in die Gleichgewichtslage zu kommen sucht, der Größe der Torsion proportional ist.

Denken wir uns nun einen Bügel von Messingblech an einem Messingfaden aufgehängt, und zwar so, daß er sich in einem Gehäus befindet, dessen Wand in der Höhe des Bügels mit einer Kreiseintheilung versehen ist. Man bringe nun zuvörderst einen unmagnetischen Eisenstab in den Bügel und drehe den Faden so lange mit seiner Fassung, an welcher ebenfalls ein Zeiger mit einer Eintheilung sich befindet, bis der Stab im magnetischen Meridian steht. Hierauf bringt man den magnetisirten Eisenstab in den Bügel. Da die Torsion null ist, so wird dieser nur durch den Erdmagnetismus gehalten. Fängt man nun an, den Zeiger zu drehen, der an der Fassung ist, so würde, wirkte der Erdmagnetismus nicht auf den magnetischen Stab, dieser mit dem Faden sich drehen. Da dieser aber zugleich mit einwirkt, so ist der Stand der Nadel das Ergebniß zweier Kräfte. Und wenn wir den Stab etwas auf die Seite bewegt haben, und er den Winkel v zeigt, hingegen der Elasticitätszeiger des Fades auf dem Winkel V steht, so ist die Drehungselasticität des Fadens $V - v$. Nun leuchtet ein, daß, je größer die magnetische Kraft ist, desto größer wird der Winkel

seyn, den der Elasticitätszeiger durchlaufen muß, damit die Nadel einen gewissen Grad einnehme und desto größer wird also auch die angegebene Differenz beider Winkel ausfallen. Hat man diesen Winkel gefunden, so erhält man durch folgende Proportion die Torsion für den Winkel von 1°; $v : 1 = V - v : x$. Es ist ferner klar, daß dies Verfahren zugleich angewendet werden kann, um die verschiedene Stärke magnetischer Nadeln mit einander zu vergleichen.

§. 3.

Ueber die Erreung des Magnetismus.

Es wurde bereits zu Anfang dieses Abschnittes erwähnt, daß die Anziehung des Eisens durch den Magnet in einer magnetischen Vertheilung der ursprünglichen magnetischen Kraft des Eisens seinen Grund habe. Dieser Versuch zeigt also, daß der Magnetismus im Eisen hervorgerufen werden kann. Es wird demnach nur darauf ankommen, die passendsten Verfahren auszumitteln, um Eisen durch Vertheilung magnetisch zu machen. Um den Magnetismus bleibend zu machen, bedient man sich aus bereits angegebenem Grunde des Stahls. Die Verfahren, ihn magnetisch zu machen, sind nun folgende:

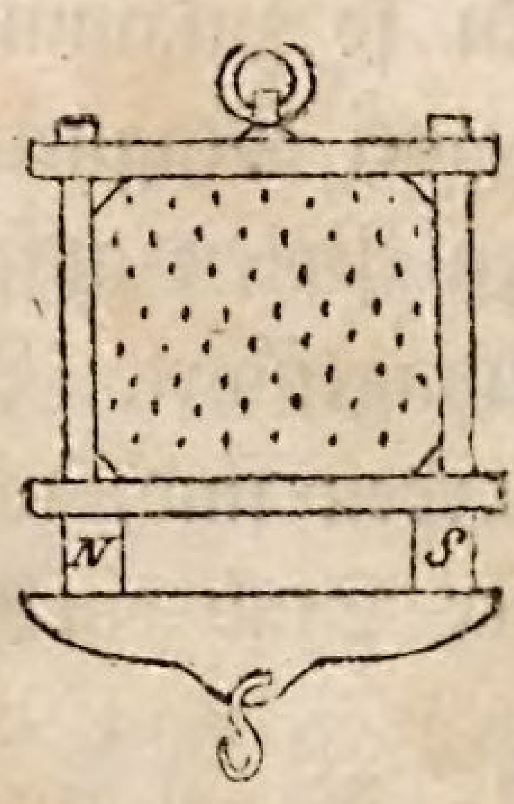
1) Durch den einfachen Strich. Man setzt den einen Pol eines Magneten, z. B. den Nordpol auf die Mitte des zu magnetisirenden Stahlstabes und fährt damit nach dem einen Ende desselben hin. Ist man mit dem Magnet am Ende angekommen, so hebt man ihn ab, hält ihn hoch und setzt ihn dann wieder auf der Mitte des Stabes auf. Dies Aufheben des Magnets muß deswegen geschehen, weil, wenn man rückwärts streichen würde, der Magnetismus wieder aufgehoben wäre. Diese Operation muß mehrmals wiederholt werden. Ist dies geschehen, so setzt man jetzt den Südpol des Magnets in die Mitte und streicht nun eben so vielmal nach der entgegengesetzten Seite.

2) Magnetisirung durch den Doppelstrich. Man setzt einen hufeisenförmigen Magnet mit seinen beiden Polen auf die Mitte des Stahlstabes und streicht bis zu dem einen Ende und dann wieder zurück und wiederholt dies Streichen mehrmals, bis man ihn zuletzt wieder an der Stelle abhebt, wo man ihn aufgesetzt hat. Dies Verfahren kann auch so bewerkstelliget werden, daß man zwei Linearmagnete mit ihren entgegengesetzten Polen unter einen Winkel von 25—30 Graden auf die Mitte des zu magnetisirenden Stahlstabes setzt, und dann nach den beiden Enden des Stabes streicht, da abhebt und dann wieder in der Mitte aufsetzt und wie zuvor verfährt. Dies Verfahren wird besonders für kleine Nadeln, welche zu Boussolen dienen sollen, empfohlen.

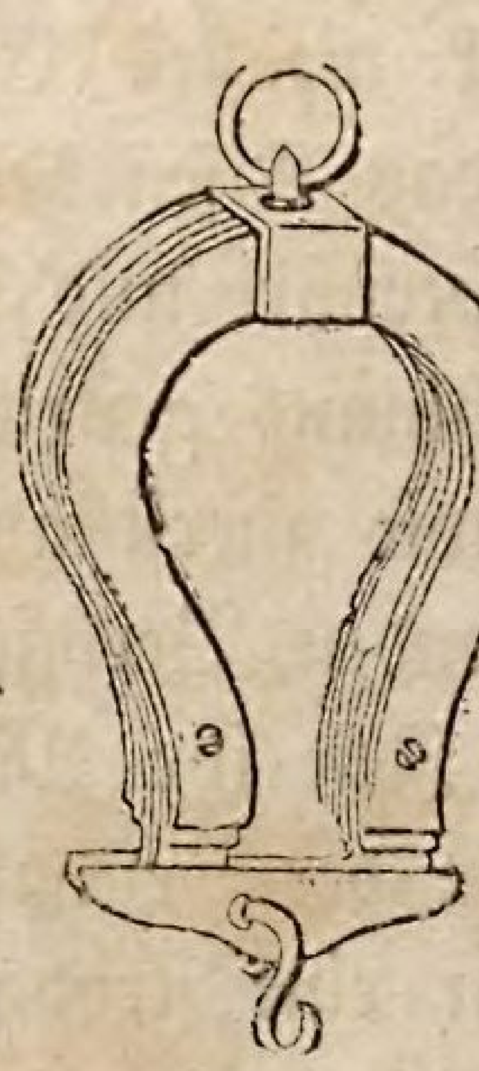
3) Der Kreisstrich. Vier Stahlstangen werden so zusammengelegt, daß sie ein Viereck bilden. Hierauf werden zwei Magnete auf eine Stelle einer derselben mit ihren ungleichnamigen Polen aufgesetzt und längst der Oberfläche der vier Stahlstangen herumgeführt. Nachdem sie mehrmals in dieser Richtung herumgeführt worden sind, werden sie auseinander genommen. Man findet jetzt, daß jeder Stab ein Magnet geworden ist.

Eine wesentliche Verbesserung in dem Verfahren, Stahl zu magnetisiren, ist neuerdings von Hoffer aufgefunden worden. Man nimmt einen Stahlstab, dem man die Form eines Hufeisens gegeben hat, legt ihn auf einen Tisch und an seine Enden ein Stück weiches Eisen. Hierauf wird ein hufeisenförmiger Magnet da auf das Eisen gesetzt, wo das weiche Eisen die Enden des gebogenen Stabs berührt und nach dem anderen Ende hin und bis über die Biegung hinaus gestrichen. Der Magnet wird dann hoch gehalten und wieder wie zuerst aufgesetzt. Die magnetische Kraft wächst in einem abnehmenden Verhältniß mit der Anzahl der Striche, und erreicht nach einiger Zeit ihr Maximum. Die Stärke des Magnets hängt ausserdem von der Beschaffenheit des Stahls ab. Stahl, welcher beim Anlassen eine strohgelbe Farbe angenommen hat, soll besonders fähig seyn, Magnetismus anzunehmen. Ist der Stahl zu hart, so ist er weniger empfänglich, Magnetismus aufzunehmen, ist er zu weich, so nimmt er zwar leicht Magnetismus auf, verliert ihn aber auch leicht wieder. — Man hat gefunden, daß die hufeisenförmige Gestalt die geeignetste für die Magnete ist. Um den Magnetismus in seiner Stärke in den Magneten zu erhalten, legt man ein Stück weiches Eisen an die Pole desselben an. Man nennt dies Stück den Anker desselben. Befestiget man an dem Anker ein Schächtelchen und thut in dasselbe so viel Schrottkörner, daß das Gewicht dieser mit dem Gewicht des Ankers eben hinreicht zur Tragkraft des Magneten, so kann man die Stärke desselben vermehren, wenn man nach und nach Körner hinzulegt. So wie man die Kraft eines Magnetes durch Vermehrung des von ihm getragenen Gewichtes verstärken kann, so kann man seine Kraft schwächen, wenn man schnell den Anker von ihm reißt.

Um Magneteisensteinen eine Form zu geben, in welcher der Magnetismus ihrer Pole in Anwendung gebracht werden kann, werden Stücke weichen Eisens an den Polen angelegt. Der Magneteisenstein erhält nun eine Form, welche uns die Figur mittheilt. Man nennt einen solchen Magnet einen natürlichen armirten und die an den Seiten angelegten Eisen die Armatur.



Werden mehrere Magnete mit ihren gleichnamigen Polen zusammengelegt, so erhält man eine Vorrichtung, welche den Namen magnetisches Magazin führt. Man hat dergleichen, welche aus neben einander gelegten Linearmagneten bestehen und solche, welche aus hufeisenförmigen Magneten zusammengesestt sind. Man läßt die Enden der mittleren etwas vorstehen. Die untenstehende Figur stellt ein magnetisches Magazin vor, welches aus hufeisenförmigen Magneten zusammengesetzt ist.



Was die Beziehungen des Magnetismus zu den anderen Imponderabilien betrifft, so wurde bereits bemerkt, daß der Stahl seinen Magnetismus in der Rothglühhitze verliert.

Bezüglich des Lichtes ist von Morichini die Beobachtung gemacht worden, daß der violette Lichtstrahl die Eigenschaft hat, Stahlnadeln zu magnetisiren. Es wird hierbei so verfahren, daß man die eine Hälfte der Stahlnadel dem Einfluß des violetten Lichtes aussetzt, die andere aber durch eine Bedeckung der Wirkung dieser Lichtstrahlen entzieht. — Auch die anderen der violetten Hälfte des prismatischen Spektrums angehörenden Lichtstrahlen magnetisiren, jedoch schwächer.

Was die Beziehungen des Magnetismus zur Elektricität anlangt, so werden diese in der Lehre von dem Elektromagnetismus abgehandelt werden. —

Zweiter Abschnitt.

Von der Elektricität im Allgemeinen und der Reibungselektricität insbesondere.

§. 1.

Einleitung. Elektrische Anziehung. Idioëlektrische Körper. Isolatoren, Leiter. Statische und Stromelektricität. Glas- und Harzelektricität. Die Elektrisirmaschine.

In Folge des Grundsatzes, alle Naturerscheinungen als Wirkungen von Kräften zu betrachten, muß auch für die elektrischen Erscheinungen eine solche angenommen werden. Und da wir uns Kraft nur als Eigenschaft eines Wesens denken können, so nehmen wir, wie bei den Erscheinungen der Wärme, auch bei der Elektricität ein solches an, welches ungewichtig und mit großer Expansibilität begabt ist. Man hat es mit dem Namen Elektricität belegt, ein Wort, welches von dem griechischen ἤλεκτρον (Bernstein) abstammt, weil an diesem zuerst eine Eigenschaft dieses Wesens erkannt wurde. — Keiner Naturkraft dürfte mehr der Namen einer Grundkraft beigelegt werden, als der Elektricität. Wir sehen sie nicht allein Erscheinungen der Anziehung und Abstoßung hervorbringen, sondern sie zugleich auch als Ursache der stärksten magnetischen Wirkungen, Wärme- und Lichterscheinungen, sowie chemischer Verbindungen und Zersetzungen auftreten. Je mehr wir aber die Ueberzeugung gewinnen, daß es sich hier um Wirkungen einer Grundkraft handelt, um desto mehr müssen wir uns vorsehen, unsere Wahrnehmungen als die einfachen Wirkungen dieser Kraft anzunehmen. Wenn wir uns daher bei der Beschreibung elektrischer Erscheinungen Ausdrücke bedienen, wie: der Körper wird von der Elektricität angezogen, so sind diese blos als eine Uebersetzung der Wahrnehmung in die Sprache der Physik zu betrachten, keineswegs als eine ursächliche Darlegung derselben.

Die erste Erscheinung, welche zur Gründung der Elektricitätslehre führte, war die Beobachtung, daß der Bernstein durch Reiben die Eigenschaft erhält, kleine Körpertheilchen anzuziehen. Diese Beobachtung

war schon den Alten bekannt, wurde jedoch nicht weiter von ihnen verfolgt. Nach der Weise der Neueren die Naturerscheinungen zu bearbeiten, versuchte man, wie andere Körper sich in dieser Beziehung verhalten möchten, und es ergab sich, daß verschiedene Körper, wie Glas, Porzellain, Diamant, Schwefel, Seide, Haare, trocknes Holz, Papier, durch Reiben diese Eigenschaft annehmen. Dieser Versuch gelingt sehr leicht, wenn man eine, mit einem seidenen Tuch geriebene Glasstange über Stückchen Blattgold, ächtes oder unächtes, hält. Schon in beträchtlicher Entfernung werden diese von der Glasstange angezogen. — Indem sich nun bei dieser Untersuchung ergab, daß andere Körper durch Reiben diese Eigenschaft nicht annehmen, fand man sich veranlaßt, die ersteren idioëlektrische, die letzteren anelektrische Körper zu nennen. Dieser Unterschied erfand sich jedoch später als unwesentlich, bewirkt durch eine Eigenschaft, welche man anfänglich nicht berücksichtiget hatte, nämlich der Leitung der Elektricität. So wie in der Wärmelehre dargethan wird, daß es Körper giebt, welche die Wärme fortleiten, so ist ein Gleiches auch mit der Elektricität der Fall. Und da der menschliche Körper selbst ein Leiter der Elektricität ist, so konnte an Elektricität leitenden Körpern, wenn sie in der Hand gehalten und gerieben wurden, keine Elektricität wahrgenommen werden, weil sie durch die Hand und den menschlichen Körper dem Fußboden zugeführt wurden. Es erklärt sich hierdurch, warum Körper auf diese Weise gerieben keine Körpertheilchen anzogen. Eine nothwendige Folge dieser Versuche war ferner, daß Körper, welche gerieben und in der Hand gehalten, Elektricität zeigten, die Eigenschaft besitzen mußten, die Elektricität nicht weiter zu leiten oder sie, wie man zu sagen pflegt, zu isoliren. Man gelangte hierdurch zu dem so wichtigen Unterschied zwischen Isolatoren (Nichtleitern) und Leitern der Elektricität.

In dem Reiben der Körper besitzen wir das älteste Verfahren, Elektricität zu erregen. Wir nennen diese Art, Elektricität hervorzubringen, zum Unterschied anderer die Reibungselektricität. Begreiflicher Weise tritt uns bei dieser Eigenschaft der Körper die Frage entgegen, in welcher Beziehung diese zu andern bekannten stehe. Hierauf müssen wir antworten, daß eine bestimmte Beziehung noch nicht aufgefunden worden ist, und daß die Beschaffenheit der Oberfläche einen sehr wesentlichen Einfluß auf diese Elektricitäts-Erregung ausübt. So verhält sich glattes Glas anders, als mattes, schwarze Seide anders, als weiße. Von zwei seidenen Bändern, welche kreuzweis über einander gerieben werden, nimmt das der Länge nach geriebene Glas, das der Quere nach geriebene Harzelektricität an. — Um die Beo-

bachtung der Anziehung kleiner Körpertheilchen durch die Elektricität mehr in die Form eines Versuchs zu bringen, bedient man sich eines kleinen Kügelchens von Hollundermark, welches mittelst eines seidenen Fadens an einem Gestell aufgehängt ist. So wie man in die Nähe desselben eine geriebene Glas- oder Harzstange bringt, wird es davon angezogen und bleibt bei gehöriger Annäherung an der Stange hängen. Wird sie dann hiervon entfernt, von Neuem gerieben und wieder genähert, so wird das Küchelchen jetzt von ihr abgestoßen.

Hinsichtlich der Eigenschaft der Körper, die Elektricität zu leiten oder nicht zu leiten, können wir sie auf folgende Weise eintheilen. Gute Leiter sind: die Metalle, einige Schwefelmetalle, Hammerschlag, Braunstein, Bleihyperoxyd, Graphit und Kohle. Die Metalle stehen in dieser Beziehung in folgender Reihenfolge, wobei mit den bestleitenden angefangen ist: Silber, Kupfer, Gold, Zinn, Messing, Eisen, Blei, Platin. Körper, welche die Elektricität unvollkommen leiten und daher als Halbleiter gelten, sind unter den festen Körpern sehr viele Fossilien, wie Kalkerde, Wasserblei und Zinnkies. Unter den Flüssigkeiten sind es die meisten wasserhaltigen. Chemisch reines Wasser leitet ausserordentlich schlecht. Es wird aber leitend durch Aufnahme der in ihm löslichen Säuren, Gase und Salze. Die Gasarten sind im reinen Zustande Nichtleiter, sie werden aber durch Verdünnung und Erhitzung leitend. Nichtleiter, Isolatoren oder nach Faraday diëlektrische Körper sind unter den festen: Diamant, Schwefel, Phosphor, Selen, Jod, harzartige Körper, Zucker, Seide, trockene Pflanzenfasern, Wolle, Haare und viele andere Körper. Unter den flüssigen Körpern sind Nichtleiter: Brom, Chlor, schweflige Säure und im geringeren oder stärkeren Grad Oele. Wenn man diese Eigenschaft der Körper von einem allgemeinen Gesichtspunkte auffaßt, so wird man zu der Frage geleitet, wie verhält sich der luftleere Raum in dieser Beziehung. Die Antwort hierauf ist, daß der luftleere Raum ebenfalls die Elektricität leitet, jedoch nicht so gut, wie die Metalle oder die sogenannten guten Leiter. Diese Beobachtung ist der Ansicht, daß die Elektricität ein Wesen sey, das sich nach allen Richtungen hin gleichmäßig verbreite, nicht günstig. Denn, wäre die Elektricität ein solches, so müßten es materielle Wesen in ihrem Gang aufhalten, oder physikalisch ausgedrückt, ihr einen Widerstand entgegensetzen. Wir werden daher auf eine andere Vorstellungsweise von der Fortpflanzung der Elektricität verwiesen, wovon bei der Lehre von der Vertheilung die Rede seyn wird.

Der Zustand der Elektricität, in welcher die Körper in der Luft durch Reiben versetzt werden, ist nicht dauernd. Er geht eines Theils

dadurch verloren, daß die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit die Elektricität ableitet, anderen Theils durch Verdichtung der Feuchtigkeit auf der Oberfläche der Körper. Metalle verlieren ihre Elektricität am leichtesten. Schellack erhält seine Elektricität am längsten. Es hat aber auch am wenigsten die Eigenschaft, die Feuchtigkeit der Luft auf seiner Oberfläche niederzuschlagen.

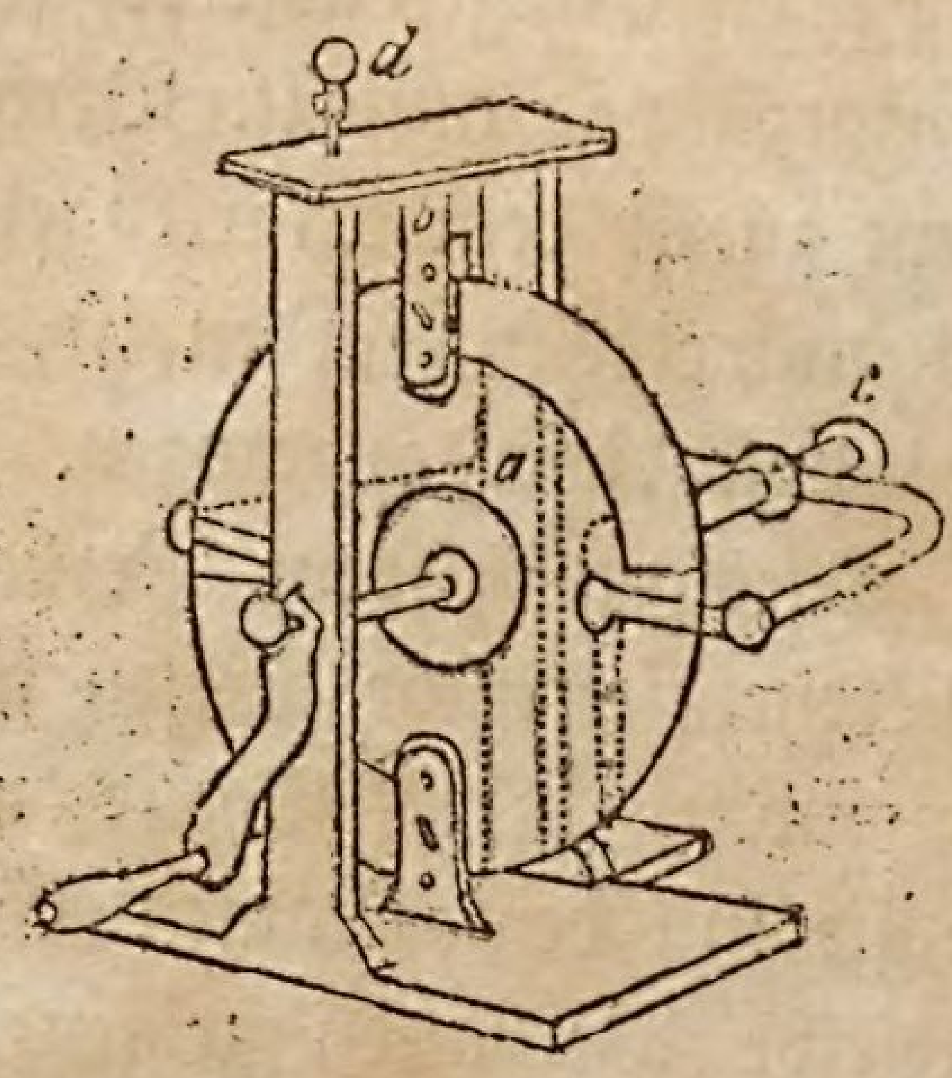
Zum Verständniß der nachfolgenden Abschnitte ist es nothwendig, den Leser auf eine Verschiedenheit in dem Auftreten der Elektricität aufmerksam zu machen, wodurch ein Unterschied begründet wird, welcher uns die Elektricität in zwei Zuständen erscheinen läßt, welche sich etwa mit dem gasförmigen und tropfbarflüssigen Zustand eines Körpers vergleichen ließe. In dem einen hat die Elektricität ein Bestreben, sich wie ein gasförmiger Körper nach allen Richtungen hin zu verbreiten, während ihr in dem anderen diese Eigenschaft abgeht. Als Repräsentant des ersteren kann die durch Reibung hervorgebrachte Elektricität angeführt werden, als Repräsentant des zweiten die galvanische. Folgende Fälle werden diesen Unterschied deutlich machen. — Man elektrisire eine auf einem Glasfuß befindliche metallene Kugel mit Reibungselektricität. Hierauf nehme man zwei mit isolirenden Handhaben versehene metallene Halbkugeln, welche von der Weite sind, daß sie die metallene Kugel gerade einschließen und sie berühren. Nimmt man sie nun, nachdem man die Kugel damit eingeschlossen hat, wieder hinweg, so findet man, daß alle Elektricität der Kugel auf sie übergegangen und gar keine freie Elektricität auf ihr zurückgeblieben ist. Hier zeigt sich deutlich das Bestreben der Elektricität in diesem Zustand sich vom Mittelpunkt nach den Umfang hin zu verbreiten. — Bringt man hingegen die Enden der Drähte, welche von einer galvanischen Säule ausgehen, in die toricellische Leere einander gegenüber, so wird nicht einmal die Elektricität des einen Pols zu den anderen geleitet. — Man hat diese beiden Zustände dadurch unterschieden, daß man die Elektricität im ersteren die statische, im letzteren die Stromelektricität genannt hat. Als Erregungsmittel statischer Elektricität können aufgeführt werden: 1) die Reibung, 2) die Wirkung freier Elektricität durch Nichtleiter hindurch auf Leiter (Vertheilung), 3) Formänderung, hierunter Spaltung mancher Körper, 4) Temperaturerhöhung, 5) Haarröhrigen Anziehung, 6) Druck, 7) Berührung ungleichartiger Körper. — Die Stromelektricität hingegen wird erregt 1) durch Metalle, welche mit Flüssigkeiten zusammen gebracht sind (voltaische Säule), 2) durch Erwärmung und Erkältung verschiedener mit einander in Berührung sich befindender Metalle, auch ein und desselben Metalls (Thermoelektricität), 3) durch Magnetismus.

Ein sehr wichtiger Fortschritt in der Entwicklung der Elektricitätslehre wurde durch die Beobachtung Du Fay's gemacht, daß es zwei Arten von Elektricität giebt. Von der Richtigkeit dieser Thatsache überzeugt man sich auf folgende Weise. Bringt man in die Nähe eines an einem seidenen Faden aufgehängten Hollundermarkkügelchen eine geriebene Glasstange, so wird dies hiervon angezogen. Entfernt man hierauf die Glasstange, reibt sie von Neuem und nähert sie wieder dem Markkügelchen, so wird es abgestoßen. Ganz dasselbe findet statt, wenn man diesen Versuch mit einer Harzstange anstellt. Verfährt man hingegen dergestalt, daß man, nachdem zuerst dem Markkügelchen durch eine geriebene Glasstange Elektricität mitgetheilt worden ist, ihr eine geriebene Harzstange nähert, so wird es von dieser angezogen. Ein gleiches Verhalten zeigen andere Körper. Dies verschiedene Verhalten führte zu der Ansicht, daß es zwei verschiedene elektrische Wesen gäbe, welche gegen einander eine Anziehung ausüben, deren Theile unter einander aber sich abstoßen. Man belegte sie mit dem Namen Glas- und Harzelektricität. Körper, welche dasselbe Verhalten zeigen, wie glattes mit Wolle oder Seide geriebenes Glas, sind glaselektrische, Körper, welche das Verhalten vom mit Wolle geriebenen Harz zeigen, harzelektrische. Mittelst des Hollundermarkkügelchens läßt sich nun leicht darthun, ob ein Körper glas- oder harzelektrisch ist. Man reibt eine Glasstange auf einem seidenen Tuch und theilt dem aufgehängten Markkügelchen durch Berührung Glaselektricität mit. Hierauf reibt man den zu prüfenden Körper ebenfalls und nähert diesen dem Markkügelchen. Wird dies jetzt angezogen, so ist die Elektricität des Körpers Harzelektricität, wird es abgestoßen, so hat der Körper Glaselektricität.

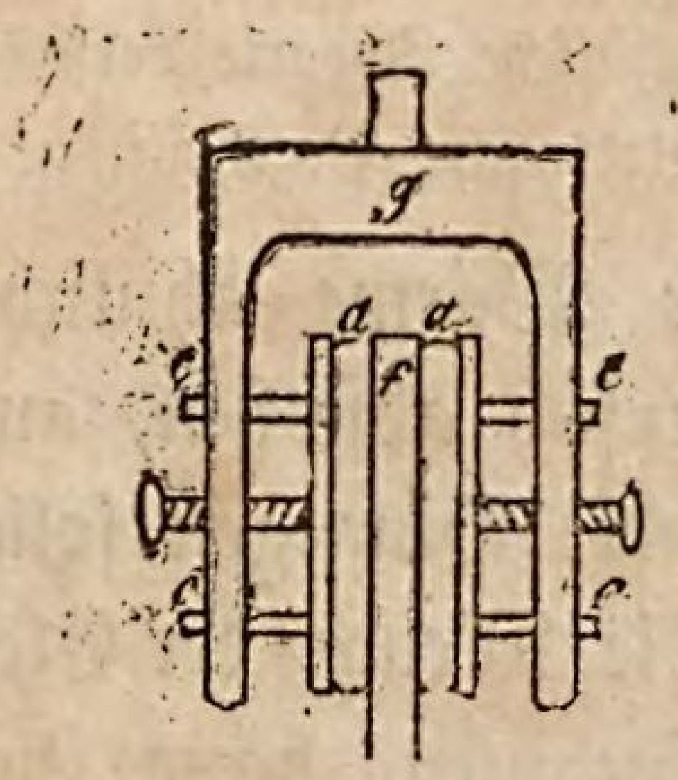
Ein nicht minder wichtiger Fortschritt in der Elektricitätslehre wurde durch die Erfindung der Elektrisirmaschine gemacht, welche wir unserem Landsmanne Otto von Guericke verdanken. Um die Erscheinungen der Elektricität im größeren Maaßstab hervorzubringen, nahm er eine Schwefelkugel, welche um eine Axe drehbar war, ließ diese auf einem Gestell ruhen und befestigte an das eine Ende derselben eine Kurbel. Hierdurch konnte sie schnell herumgedreht werden. Indem nun geeignete Körper gegen die Oberfläche derselben gehalten wurden, konnte durch Reiben Elektricität hervorgebracht werden. Bei dieser Gelegenheit gewahrte er zuerst ein Leuchten der Oberfläche derselben und den elektrischen Funken. Da nun schon die Eigenschaft der Körper, die Elektricität zu leiten und zu isoliren, bekannt war, so hing man metallene Stangen an seidenen Schnüren vor eine solche Kugel auf, und hatte jetzt eine Elektrisirmaschine in ihren wesentlichsten Theilen,

bestehend aus einem reibenden Körper, einem geriebenen und einem Leiter oder Conduktor, um die durch Reiben hervorgebrachte Elektricität aufzunehmen. —

Es ist hier nicht der Ort, die verschiedenen Formen zu beschreiben, welche man diesen Maschinen gegeben hat. Für Maschinen, welche Glaselektricität geben sollen, bedient man sich als reibender Körper, Scheiben oder Cylinder von Glas. Beigegebene Figur stellt eine Glasscheibenmaschine vor. Sie besteht erstlich aus der Glasscheibe a, als dem reibenden Körper, zweitens aus dem Reibzeug b, welches ein ledernes Kissen ist, an welchem auf der der Scheibe zugekehrten Seite ein Leder sich befindet, auf welchem ein Amalgam, eine Composition von Zink, Zinn und Quecksilber aufgetragen ist. Man bedient sich hierzu gewöhnlich des Kienmayer'schen Amalgams, welches aus 2 Th. Quecksilber, 1 Th. Zink und 1 Th. englisches Zinn zusammengesetzt wird.. Die beiden letzteren Metalle werden zuerst geschmolzen. Man darf ihnen keinen höheren Hitzgrad geben, als sie zum Schmelzen nöthig haben, worauf man das Quecksilber, das man während des Schmelzens der Metalle in einem eisernen Löffel bis beinahe zum Sieden erhitzt hat, in Portionen zugießt und die Mischung mit einem eisernen Löffel umrührt. Das Amalgam wird dann gerieben und mit Schweinefett auf den ledernen Lappen des Reibzeugs aufgetragen. An den Kissen sind noch Lappen von Wachstaffent befestiget, um die durch Reiben erzeugte Elektricität ohne Verlust zu dem Theil des Conduktors zu führen, welcher dazu dient, die Elektricität aufzunehmen. Drittens aus dem Conduktor c, einem Cylinder aus Messingblech, welcher an der nach der Scheibe zugekehrten Seite zwei Arme hat. Da, wo die Arme des Conduktors den Scheiben gegenüber sich befinden, sind Metallspitzen angebracht. Es ist nämlich eine Erfahrung, von der später die Rede seyn wird, daß die Elektricität aus Spitzen leicht ausströmt. Aus demselben Grund muß sie durch Spitzen leichter Eingang finden. Spitzen werden also mehr als Flächen geeignet seyn, Elektricität aufzunehmen. Alle übrigen Theile des Conduktors müssen abgerundet seyn und er muß sich auf einem Isolator befinden, gewöhnlich einer massiven Stange von Glas. Da aber an Glas sich gern Feuchtigkeit niederschlägt, so muß man sie mit einer Auflösung von Schellack in Weingeist überziehen, und damit sich



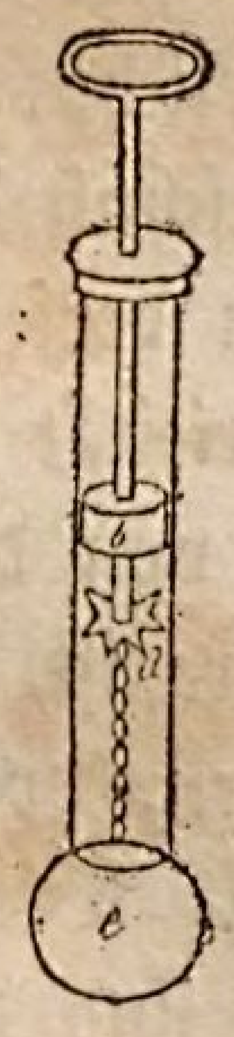
an diesem Schellacküberzug kein Staub ansetzt, muß man die Stange für gewöhnlich mit einer Hülle von Leinwand umgeben, welche mit Bändern zugebunden werden kann. — Um die Kissen, welche das Amalgam enthalten, gut zu befestigen, bediene ich mich einer Einrichtung, welche



hier abgebildet ist. aa sind die Kissen, bb die Schrauben, welche dazu dienen, diese gegen die Scheibe zu drücken, cc sind Stängelchen von Holz, welche sich in Oeffnungen der Fassung g hin und her schieben lassen, und dazu dienen, das Reibzeug in seiner Stellung zu erhalten. Das Innere der Kissen des Reibzeugs ist mit Pferdehaaren und mit Stückchen Stanniol ausgestopft. Die hintere Seite der Brettchen ist mit Stanniol beklebt. Dieser Ueberzug ist durch Stanniolstreifen, welche in die Kissen gefügt sind, mit dem Reibzeug leitend verbunden. Durch Stanniolstreifen, welche längst des Gestells der Maschine auf einer isolirenden Unterlage sich befinden, wird die Harzelektricität zu den Metallknopf d geführt. Die isolirende Unterlage wird durch einen Anstrich von Schellack in Weingeist erhalten. Der Metallknopf ist isolirt, kann aber durch eine Kette mit dem Fußboden in leitende Verbindung gebracht werden.

Von anderen Maschinen dieser Art erwähne ich noch:

a) Eine Maschine für Harzelektricität. Eine solche besitzt das hiesige physikalische Kabinet; sie besteht aus einer hölzernen Scheibe von 4′ Durchmesser und 8‴ Dicke, ist ganz mit Bernsteinfirniß überzogen und hat auf beiden Seiten zwei Reibzeuge von Pelzwerk. Der der Scheibe gegenüber befindliche Conduktor giebt Harzelektricität, der mit dem Reibzeug verbundene Glaselektricität.



b) Eine Elektrisirmaschine von geringem Umfang ist von Page angegeben worden und in beigegebener Figur abgebildet. Sie besteht aus einer Glasröhre, 6″ lang $^3/_4$″ weit, die reibende Metallstange b ist mit amalgamirtem Leder umwunden und durch ein $1^1/_4$″ langes Glasstäbchen mit dem einsaugenden Stern d verbunden. An diesem Stern befindet sich eine feine Drahtkette, welche zu den nicht luftdicht an die Glasröhre befestigten Conduktor e geht. — Der Erfinder giebt an, daß er mit dieser Maschine Funken von 1″ Länge erhalten habe.

c) Eine andere kleine Handelektrisirmaschine besteht in einem ge-

firnißten Band, längst welchem ein Stück Pelz zugleich mit einer kleinen elektrischen Flasche hin und her bewegt wird. Die durch Reiben entstandene Elektricität wird hier zugleich von der Flasche aufgenommen.

§. 2.

Die Theorie der elektrischen Erscheinungen von Franklin, die dualistische Theorie derselben von Robert Symmer. Die elektrische Mittheilung, die elektrische Vertheilung.

Franklin hält die Elektricität für ein der Wärme ähnliches Wesen und nimmt an, daß, so wie die Theile dieser sich abstoßen, auch eine Repulsion zwischen denen der Elektricität stattfinde. Hingegen sollen ihre Theile von den Körpern angezogen werden. Die Menge der Elektricität, welche die verschiedenen Körper in sich aufnehmen, hängt von ihrer Beschaffenheit ab. Hat jeder die ihm zukommende Menge Elektricität, so findet Gleichgewicht statt und es ist gerade so, als wenn die Körper gar keine Elektricität besäßen. Es ist dies ein Zustand des Gleichgewichtes, welcher dem entspricht, bei welchem die Körper ein und dieselbe Temparatur haben. Dieser Gleichgewichtszustand kann auf verschiedene Weise gestört werden. Die eine Art der Störung des Gleichgewichts haben wir bereits in der Reibung kennen gelernt. Werden zwei Körper an einander gerieben, so wird das Gleichgewicht in der Art gestört, daß der eine vermöge seiner Beschaffenheit dem andern Elektricität entzieht, wodurch der erstere im Ueberschuß der andere in Mangel an Elektricität versetzt wird. Der glaselektrische Zustand entspricht dem, in welchem der Körper Ueberschuß an Elektricität hat, der harzelektrische dem, in welchem er Mangel daran leidet. Wir wollen nun versuchen, die bisher angeführten elektrischen Erscheinungen zu erklären. —

1) Elektrische Anziehung. Der Körper sey glaselektrisch. Er nähere sich kleinen Körpertheilchen, welche sich in ihrem natürlichen Zustande befinden. Sie werden von ihm angezogen. Der Ueberschuß der Elektricität, welchen der Körper hat, bewirkt ein Ausströmen derselben. Die kleinen Körpertheilchen ziehen diese ausströmende Elektricität an. Da nun jede Anziehung gegenseitig ist, so wird derjenige von den beiden Körpern in Bewegung gesetzt werden, welcher der leichtere ist, und wird sich, um sich mit Elektricität zu sättigen, dahin begeben, von wo die Elektricität herkommt — Der Körper sey harzelektrisch. Die Körpertheilchen sind im natürlichen Zustand. In diesem Fall sind die Theilchen in Ueberschuß an Elektricität gegen den Körper. Die Theilchen bewegen sich gegen den harzelektrischen Körper, weil auf diese Weise leichter die elektrische Mittheilung stattfinden kann, als umgekehrt. —

Der eine Körper ist glaselektrisch, der andere harzelektrisch. In diesem Fall ist nur der Unterschied zwischen den Mengen der Elektricität größer, als in den beiden vorhergehenden Fällen, und die Anziehung muß stärker seyn.

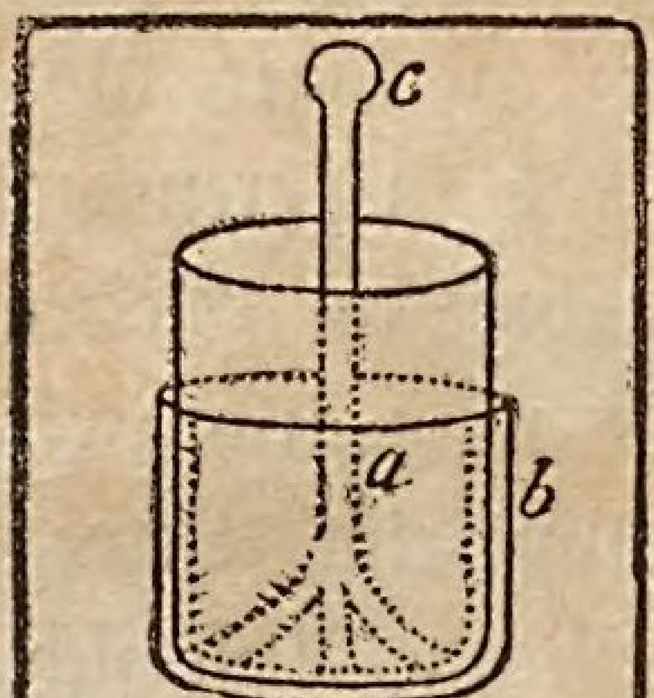
2) Abstoßung. Werden zwei leicht bewegliche Körper, z. B. zwei Goldblätter neben einander gehängt und wird ihnen Glaselektricität mitgetheilt, so stoßen sie sich ab. Da die Theile der Elektricität sich abstoßen, so kann der Fall eintreten, daß die körperlichen Theilchen, denen die Elektricität mitgetheilt worden ist, so leicht sind, daß sie der Bewegung der Elektricitätstheilchen keinen Widerstand entgegensetzen. In diesem Fall werden sie sich gerade so verhalten, wie die Theile der Elektricität selbst, d. h. es wird Abstoßung stattfinden.

Im Fall, daß den beiden leicht beweglichen Körpern Harzelektricität mitgetheilt wird, ist ihre Abstoßung mit einiger Schwierigkeit zu erklären. Bringt man einen harzelektrischen Körper mit den Goldblättchen in Berührung, so wird von diesen Elektricität genommen. Von einer abstoßenden Wirkung der Theile der Elektricität kann daher hier um so weniger die Rede seyn, als den Goldblättchen Elektricität entzogen worden ist. Wir müssen daher die Abstoßung als eine scheinbare betrachten. Und dies zwar auf folgende Weise. Offenbar ist die Menge Luft, welche sich zwischen den Goldblättchen befindet, geringer als die, welche ausserhalb derselben ist. Die Luft befindet sich in ihrem natürlichen elektrischen Zustand, sie hat also einen Ueberschuß an Elektricität gegen die elektrisch gewordenen Goldblättchen. Es muß also zwischen beiden eine Anziehung stattfinden. Diese bewirkt nun eine Bewegung dieser Körper nach der Seite hin, wo die größere Menge Luft sich befindet. —

Wir kommen jetzt zur Erklärung der Erscheinungen der Elektrisirmaschine. — Eine der ersten Beobachtungen, welche man an einer Elektrisirmaschine macht, ist, daß sie eine um desto stärkere Wirkung giebt, je besser ihr Reibzeug mit dem Fußboden in leitender Verbindung steht. Nehmen wir an, es sey eine Maschine mit einer Glasscheibe. Indem gedreht wird, geht die Elektricität aus dem Reibzeug zur Glasscheibe und von da in den Conduktor. Da nun aber nur ein gewisses Quantum Elektricität als in den Körpern vorhanden anzunehmen ist, und aus der Luft als Isolator nur spärlich Elektricität nachfließen und den Verlust im Reibzeug ersetzen kann, so wird die Wirkung sich sehr vermindern, sie wird sich aber erhalten, wenn das Reibzeug in leitender Verbindung mit dem Fußboden gesetzt ist, weil hierdurch so viel an Elektricität wieder zufließt, als verbraucht worden ist. — Ist die Scheibe

harzelektrisch und das Reibzeug glaselektrisch, so wird die Wirkung der Maschine um desto stärker seyn, weil, wenn das Reibzeug abgeleitet ist, um desto mehr der Scheibe und durch diese dem Conduktor Elektricität entzogen werden kann, wodurch ein desto größerer Mangel an Elektricität entstehen muß. Nähert man sich mit einem Leiter dem Conduktor der Maschine, so wird bei einer gewißen Annäherung ein Funke überspringen. Dieser kommt, wenn der Conduktor glaselektrisch ist, aus diesem, und besteht in der Uebertragung seines Ueberschusses an Elektricität an den Leiter. Die Theile der Luft werden hiebei auf die Seite geschoben auf dieselbe Weise, wie ein Wasserstrahl durch die Luft dringt. Ist hingegen der Conduktor harzelektrisch, so kommt der Funke aus dem genäherten Leiter.

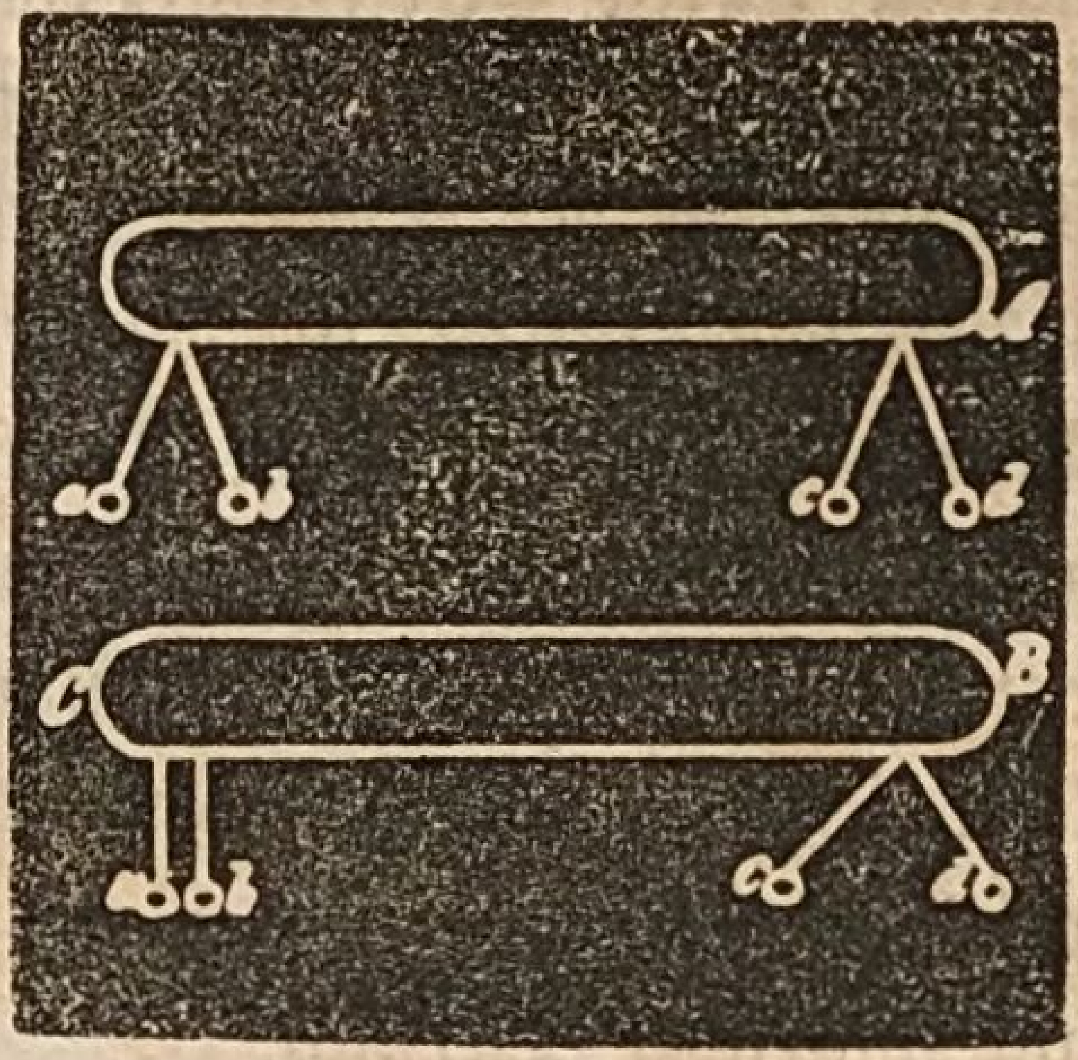
An das hier Mitgetheilte schließt sich am besten die Beschreibung eines Apparats an, dessen Erfindung zu seiner Zeit nicht wenig dazu beigetragen hat, die Aufmerksamkeit des Publikums auf die elektrischen Erscheinungen zu leiten. Ich meine die Leidner- oder Kleistische Verstärkungsflasche der Elektricität. — Die Form der Glasgefässe, welche man hiezu anwendet, ist ziemlich gleichgültig. Ich will daher annehmen, die Flasche habe eine cylinderische Form. Beigegebene Figur stellt dieselbe dar. a und b sind Stanniolbelege, c ein Stängelchen von Messingblech, welches am oberen Ende mit einem Knopf versehen ist, an seinem unteren Ende einen Fuß hat, wodurch es aufrecht stehend in der Flasche erhalten wird. Es ist nothwendig, daß die Stanniolbelege nicht ganz bis zu den oberen Rand des Cylinders gehen, damit die Elektricität nicht so leicht von dem einen zu dem anderen Beleg überströme.



— Dieser Apparat führt deswegen den Namen Verstärkungsflasche, weil sie eine bei weitem größere Menge Elektricität aufzunehmen im Stande ist, als ein Leiter von gleicher Oberfläche, dem diese Einrichtung nicht gegeben ist. Um sie nun in diesen Zustand zu versetzen, oder, wie man zu sagen pflegt, um sie zu laden, bringt man den Knopf der Flasche mit dem Conduktor der Maschine in Berührung, während dieser geladen wird, oder verbindet den Knopf durch eine Drahtkette leitend mit dem Conduktor. Das äussere Belege der Flasche wird durch eine Kette von Metall leitend mit dem Fußboden in Verbindung gesetzt. Wenn man unter diesen Umständen das Drehen der Maschine fortsetzt, so findet nach einiger Zeit eine Entladung der Flasche statt, welche entweder darin besteht, daß ein Funken von einem Beleg zum

andern überschlägt oder das Glas der Flasche gewaltsam durch den Funken durchbohrt wird. Dieser Selbstentladung der Flasche kommt man zuvor, indem man sie mit einer Vorrichtung, welche später beschrieben werden soll, entladet.

Um die Ladung der Flasche nach der franklinischen Ansicht zu erklären, müssen wir zuvörderst den Leser mit der Wirkung freier Elektricität durch Isolatoren auf Leiter, welche Elektricität enthalten, bekannt machen. — Gesetzt es sei der Conduktor A mit Glaselektricität beladen. Zu Folge dieser ihm mitgetheilten Elektricität werden die hanfnen Fäden, an welche sich Hollundermarkkügelchen befinden, ebenfalls elektrisch und sich abstoßen. Nähert man jetzt dem Ende c des Conduktors einen mit Glaselektricität beladenen Conduktor, so verlieren die beiden Kugeln ab ihre Abstoßungskraft und näheren sich, während die Kugeln c und d immer mehr auseinander gehen. Bei noch größerer Annäherung gehen die Kugeln a und b noch mehr zusammen und nehmen die Lage ein, welche die Figur angiebt. In dieser Stellung zeigen sie an, daß das Ende c des Conduktors nullelektrisch geworden ist, das andere Ende B hingegen an Elektricität zugenommen hat. Nähert man sich noch mehr mit dem Conduktor dem Ende, so werden die Kügelchen ab angezogen und bewegen sich nach diesem hin, während die Kügelchen cd immer mehr abgestoßen werden. Es ist also c jetzt in dem Zustand versetzt, in welchem keine freie Elektricität sich mehr in ihm befindet, in welchem also die Kügelchen unmittelbar der anziehenden elektrischen Kraft des genäherten Leiters folgen.

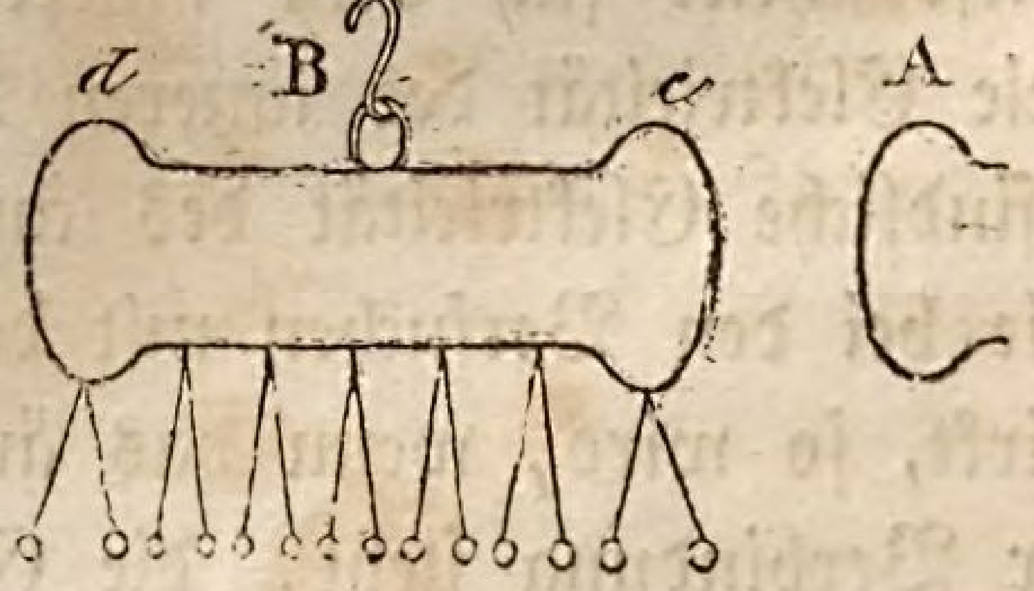


Dieß vorausgeschickt wollen wir jetzt die Ladung der Verstärkungsflasche erklären. Der Conduktor der Maschine besitze Glaselektricität. Diese theile sich dem inneren Belege der Flasche mit. Da nun die freie Elektricität des inneren Belegs auf die im gewöhnlichen Zustand befindliche Elektricität des äußeren Belegs durch das Glas hindurch, wie bei den Versuchen mit den Conduktoren durch die Luft, abstoßend wirkt, so wird, wenn das äußere Beleg mit dem Fußboden in leitender Verbindung steht, die Elektricität des äußeren Belegs durch diese Ableitung sich entfernen. Das äußere Beleg tritt also zu dem inneren in das Verhältniß der Harz- zur Glaselektricität. Wie wir weiter unten sehen werden, wirkt einer dieser Zustände bindend auf den anderen

und bewirkt, daß das innere Beleg eine größere Fähigkeit erlangt, Elektricität aufzunehmen. Wird nun fortwährend durch Drehen der Maschine Elektricität dem Conduktor zugeführt, so wird die Flasche immer mehr Elektricität aufnehmen, bis sie nicht mehr im Stande ist das Bestreben der Glaselektricität durch Ueberströmen zu dem äußeren Beleg das Gleichgewicht herzustellen, aufzuhalten. — Hat der Conduktor Harzelektricität, so kehrt sich das Verhältniß um, dann wird dem inneren Beleg Elektricität entzogen und es strömt aus dem Fußboden dem äußeren Beleg Elektricität zu. Der Ueberschuß der Elektricität ist dann auf der Seite des äußeren Beleges.

Diese Ansicht ist jetzt von den Physikern verlassen und man hat allgemein die von dem Vorhandensein zweier Elektricitäten angenommen, welche zuerst von dem Engländer Robert Symmer aufgestellt worden ist. Die Erscheinung der elektrischen Vertheilung, womit der Leser jetzt bekannt gemacht werden soll, hat nicht wenig zur Annahme derselben beigetragen. Von dieser Eigenschaft der Elektricität belehrt uns folgender Versuch.

Man denke sich zwei isolirte Conduktoren A und B. Dem A sei Glaselektricität mitgetheilt. Nähert man A dem B, so wird man finden, daß schon in einer gewissen Annäherung, in einer Entfernung, in welcher noch kein Funke überschlagen kann, B in einen elektrischen Zustand versetzt wird. Und zwar wird das dem Conduktor A zugekehrte Ende harzelektrisch, das abgewendete glaselektrisch sein. Von diesem entgegengesetzten elektrischen Zustand kann man sich überzeugen, wenn man mit einem kleinen auf einer Glasstange befestigten Leiter das eine oder das andere Ende des Conduktors B berührt, während man zugleich den Conduktor A in Ableitung versetzt. Indem man nun die aufgenommene Elektricität an einen Elektrometer überträgt, erfährt man, daß die beiden Enden des Conduktors B Glas- und Harzelektricität besitzen. Ueber diesen Zustand der Vertheilung belehrt uns beigegebene Figur, A ist der elektrisirte Conduktor, B der im Vertheilungszustand befindliche. Die beiden an den Enden befindlichen Kügelchen divergiren am stärksten, zum Beweise, daß an diesen Stellen die Elektricität am stärksten wirkt. Die Divergenz nimmt nach dem Mittelpunkte zu ab. Der Indifferenzpunkt zwischen den beiden Enden des Conduktors B hängt von der Stellung des Conduktors A ab. Nähert man A, so entfernt sich der Indifferenzpunkt und bewegt sich



nach c zu. Entfernt man A, so geht er zurück und nähert sich dem anderen Ende d. Berührt man den Conduktor B mit einem Leiter, der mit dem Fußboden in Verbindung steht und entfernt zu gleicher Zeit A, so hat der Conduktor B nur noch die Elektricität, welche sich in dem Ende des Conduktors befand, welche A gegenüberstand. Im vorliegenden Fall, Harzelektricität. Es geht hieraus hervor, daß die beiden in den Conduktoren A und B einander gegenüberstehenden Elektricitäten sich in einem anderen Zustand befinden, als diejenige, welche am entgegengesetzten Ende des Conduktors B ist. Diese wird sogleich abgeleitet, während erstere sich erhält. Man sagt, daß die beiden in den Conduktoren gegenüber sich befindenden Elektricitäten sich binden, während die andere Elektricität, die im entgegengesetzten Ende des Conduktors sich befindet, frei sei. Entfernt man den Conduktor B, während des Zustandes der Vertheilung von A, so verliert sich der elektrische Zustand wieder, und es tritt der des Nullzustandes ein.

Von dem Zustande der gegenseitigen Bindung der Elektricitäten kann man sich auch noch auf folgende Weise überzeugen. Man befestige an dem Conduktor A, dem freie Glaselektricität mitgetheilt werden soll, zwei an leinene Fäden befestigte Markkügelchen. So wie der Conduktor freie Elektricität erhalten hat, werden sie auseinander gehen. Nähert man nun diesem Conduktor den zweiten im gewöhnlichen Zustand befindlichen, so werden sie in dem Maaß, als dieser sich nähert, zusammengehen. Da nun an der Seite des Conduktors B, welche A gegenübersteht, Harzelektricität auftritt, so übt diese eine bindende Kraft auf jene aus, wodurch ein Zusammengehen der Kügelchen bewirkt wird. — Wird dem ersten Conduktor anstatt Glas-, Harzelektricität mitgetheilt, so bleibt die Erscheinung der Vertheilung dieselbe, nur tritt überall an die Stelle der Harz- die Glaselektricität.

Wird der Conduktor B mittels einer Kette mit dem Fußboden verbunden, so wird die freie dem A gleichnamige Elektricität abgeleitet und er erhält nun nur ungleichnamige. Bei fortgesetztem Drehen der Maschine wird dieß Verhältniß von Harz- zu Glaselektricität der beiden Conduktoren so gesteigert, daß zuletzt die zwischen beiden befindliche Luftschicht nicht mehr im Stande ist das gestörte Gleichgewicht von Ueberschuß auf der einen Seite und Mangel auf der anderen aufzuhalten. Die Luft durchbricht ein elektrischer Funke und das Gleichgewicht ist wieder hergestellt.

Man sieht diesen Vertheilungsversuch als nicht wohl übereinstimmend mit der Annahme von einer Elektricität an. Denn denken wir uns, der Conduktor A habe freie Glaselektricität, so wird dieser hier-

von eine Wirkungssphäre um sich herum verbreiten. Wie soll man sich nun vorstellen, daß das Ende des Conduktors B, welches A zugekehrt ist, in Mangel an Elektricität versetzt, d. h. harzelektrisch werde, da es doch hier Gelegenheit hat Elektricität aufzunehmen.

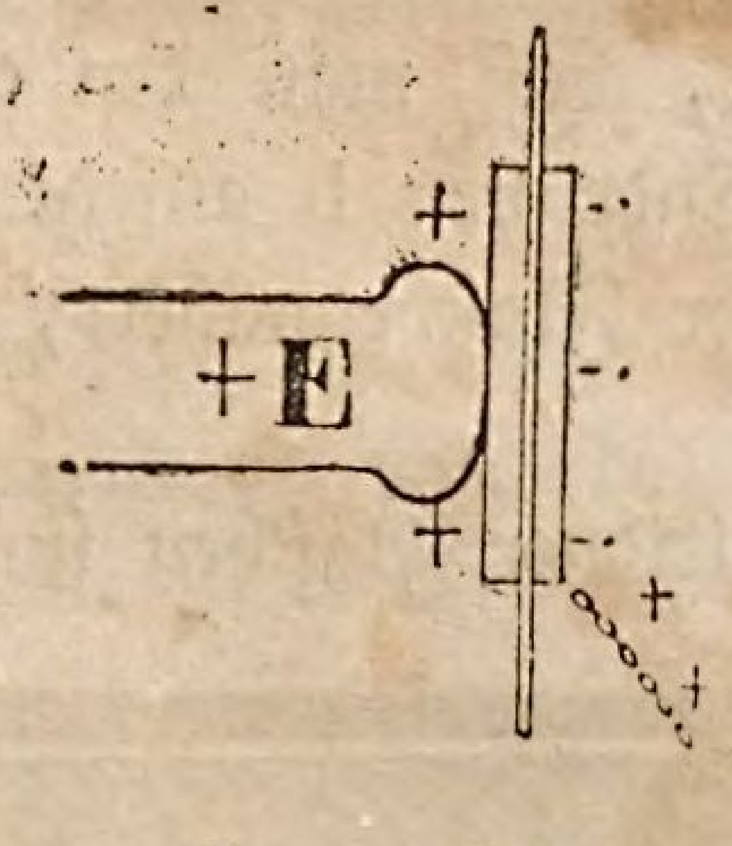
Unter einer gewissen Voraussetzung läßt sich jedoch die Vertheilung auch mit Annahme einer Elektricität erklären. Nehmen wir an, daß die in der Luft in den elektrischen Wirkungssphären enthaltene Elektricität stärker zurückstoßend auf die in den Leitern in ihrem natürlichen Zustand befindliche Elektricität wirke, als diese von den Leitern angezogen werde, so wird die Elektricität des zweiten Conduktors von dem Ende, welches dem ersten genähert ist, nach dem anderen zurückgedrängt werden. Und da die freie in der Luft befindliche Elektricität stärker repellirend wirkt, als sie vom Leiter angezogen wird, so muß in dem genäherten Ende des Conduktors Mangel an Elektricität, d. h. Harzelektricität in dem entgegengesetzten Ueberschuß, d. h. Glaselektricität entstehen.

Außer der Vertheilung hat hauptsächlich noch die Analogie der Elektricität mit den beiden magnetischen Kräften, die sich in den Polen der Magnete offenbaren, so wie die mit dem Dualismus in den mit der Elektricität verwandten chemischen Erscheinungen die Physiker veranlaßt, die Ansicht von zwei elektrischen Wesen anzunehmen. Diese Ansicht lehrt, daß es zwei elektrische Wesen giebt, welche sich gegeneinander, wie etwa in der Chemie, um vergleichungsweise zu reden, die Säuren und Basen zu einander verhalten, oder abstrakter ausgedrückt, in dem Verhältniß von positiven zu negativen Größen stehen. In dem Zustande, in welchem die Körper sich gewöhnlich befinden, sind diese beiden Wesen in einem solchen Verhältniß vereiniget, daß sie sich beide zu Null ausgeglichen haben. Man nennt diesen Zustand den Nullzustand der Elektricitäten und nennt die eine Elektricität, welche der Glaselektricität entspricht, die positive, die andere, der Harzelektricität entsprechende, die negative. Beide haben zu einander Anziehung und vereinigen sich, wenn sie zusammengebracht werden. Die Theile ein und derselben Elektricität hingegen stoßen sich ab und werden von den Körpern angezogen. Man charakterisirt dieses Verhalten durch den Ausdruck: „ungleichnamige Elektricitäten ziehen sich an, gleichnamige stoßen sich ab.“ — Man nennt die Anhänger dieser Ansicht die Dualisten, die der Franklinischen die Unitarier.

Nach dieser Ansicht läßt sich nun die Vertheilung auf eine sehr einfache Weise erklären. Die in dem elektrisirten Conduktor A befindliche freie Elektricität wirkt anziehend auf die ungleichnamige im Con-

duktor B und abstoßend auf die gleichnamige, welche mit ersterer darin verbunden, den Nullzustand ausmacht. In Folge dieser Wirkung tritt die ungleichnamige von der in A befindlichen in dem Theil des Conduktors B auf, welche A gegenüber sich befindet, und die gleichnamige, abgestoßene, in dem entfernteren Theil von B. Wird B mit dem Fußboden in leitende Verbindung gebracht, so wird die gleichnamige abgeleitet und neue unzersetzte aus dem Fußboden zugeführt und bei fortgesetztem Elektrisiren des Conduktors A von Neuem zerlegt. Dieß dauert so lange fort, bis die beiden in den beiden gegenüber befindlichen Theilen der Conduktoren angehäuften ungleichnamigen Elektricitäten in solcher Menge vorhanden sind, daß die Luft nicht mehr im Stande ist ihrer Vereinigung entgegen zu wirken. Diese geschieht durch den elektrischen Funken. — Man bedient sich für die positive Elektricität des + Zeichens, für die negative des — Zeichens. Die Vereinigung beider wird durch O E ausgedrückt.

Auf gleiche Weise erklärt sich die Ladung einer Verstärkungsflasche. Da es bei der Einrichtung dieses Verstärkungsapparats nicht auf die Form ankommt, so will ich das hierbei stattfindende Spiel der Kräfte an einem Apparat zeigen, der unter den Namen der Franklinischen Tafel bekannt ist. Eine jede Glasscheibe kann hiezu angewendet werden. Man belegt sie auf beiden Seiten mit Stanniol, so daß ungefähr $^1/_5$ der Scheibe vom Rand des Glases an gerechnet unbedeckt bleibt. Die Figur stellt den Durchschnitt einer solchen Tafel dar. Berührt man mit dem Stanniolbeleg der einen Seite einen mit positiver Elektricität beladenen Conduktor und theilt diesem also positive Elektricität mit, so wirkt diese vertheilend durch das Glas auf die Nullelektricität des anderen Belegs, zerlegt dieses, stößt die gleichnamige positive ab und concentrirt die negative. Die positive wird durch den Leitungsdraht weggeführt, neue Nullelektricität tritt hinzu, diese wird wieder zerlegt und so geht dieß fort, bis der Apparat sich selbst entladet.

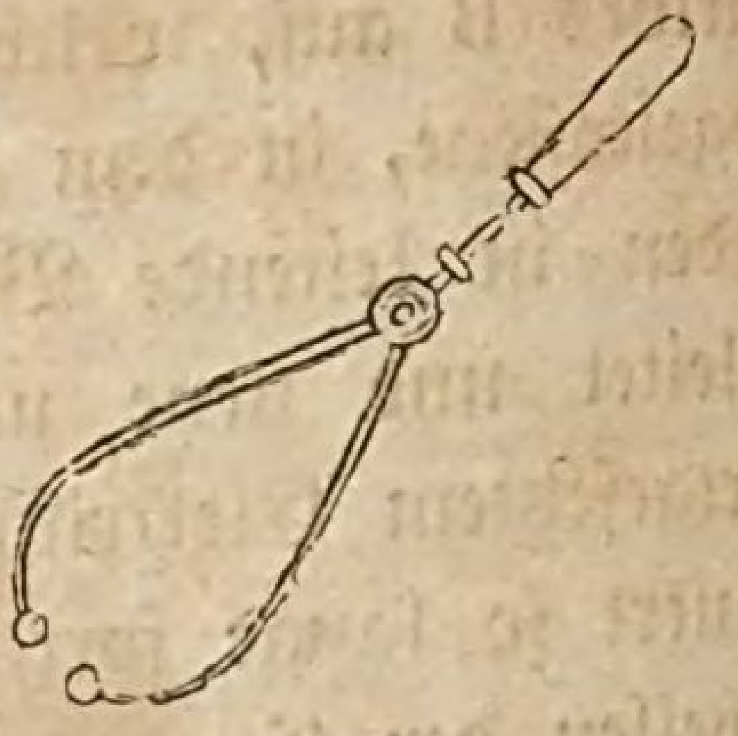


§. 3.

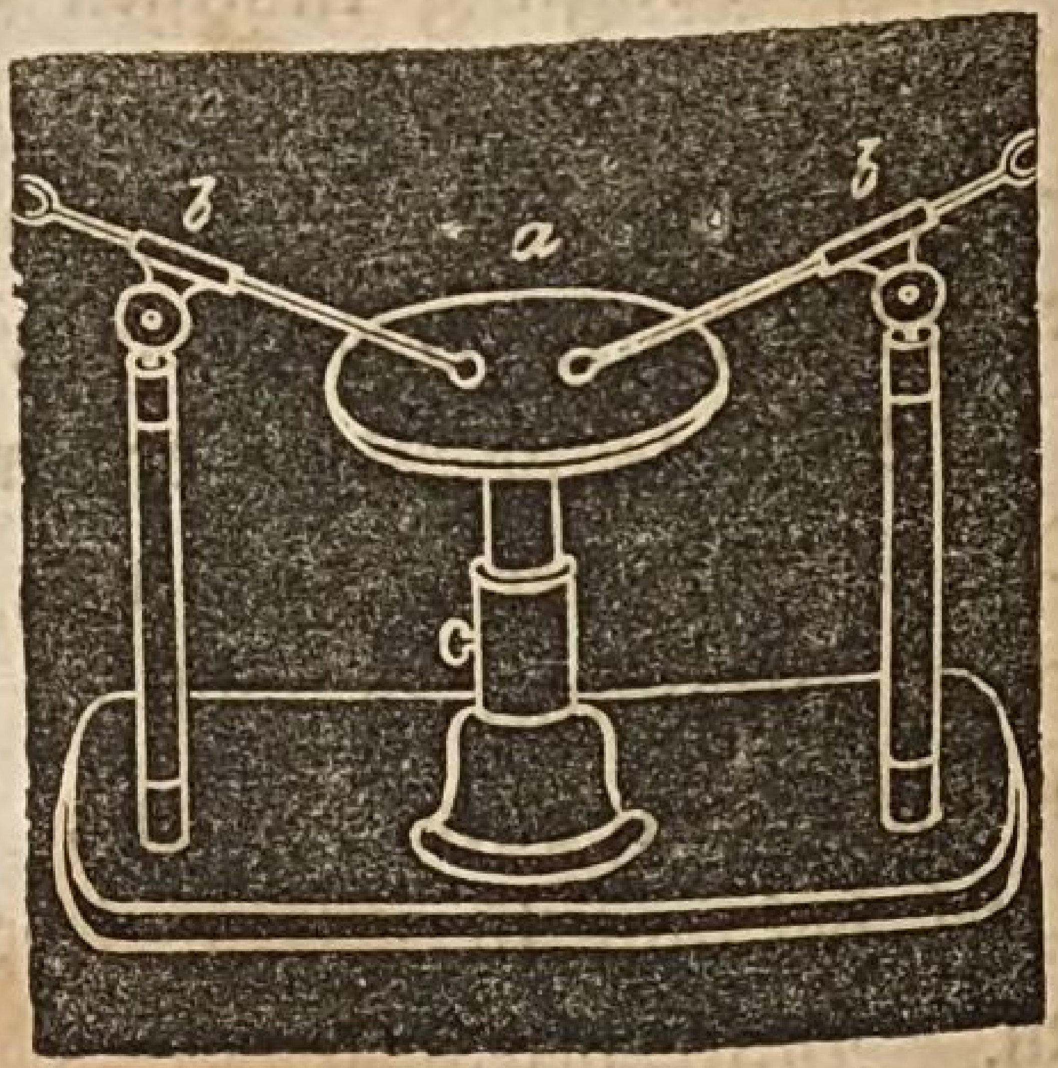
Elektrische Apparate und Instrumente. Der Entlader. Der allgemeine Auslader von Henley. Die elektrische Batterie. Das Elektrophor. Elektrometer und Elektroscope. Der Condensator. Der Duplikator. Die elektrische Verstärkungsflasche von Lane.

1) Um eine elektrische Flasche zu entladen bedient man sich einer Vorrichtung, welche unter den Namen des Entladers bekannt ist. Sie

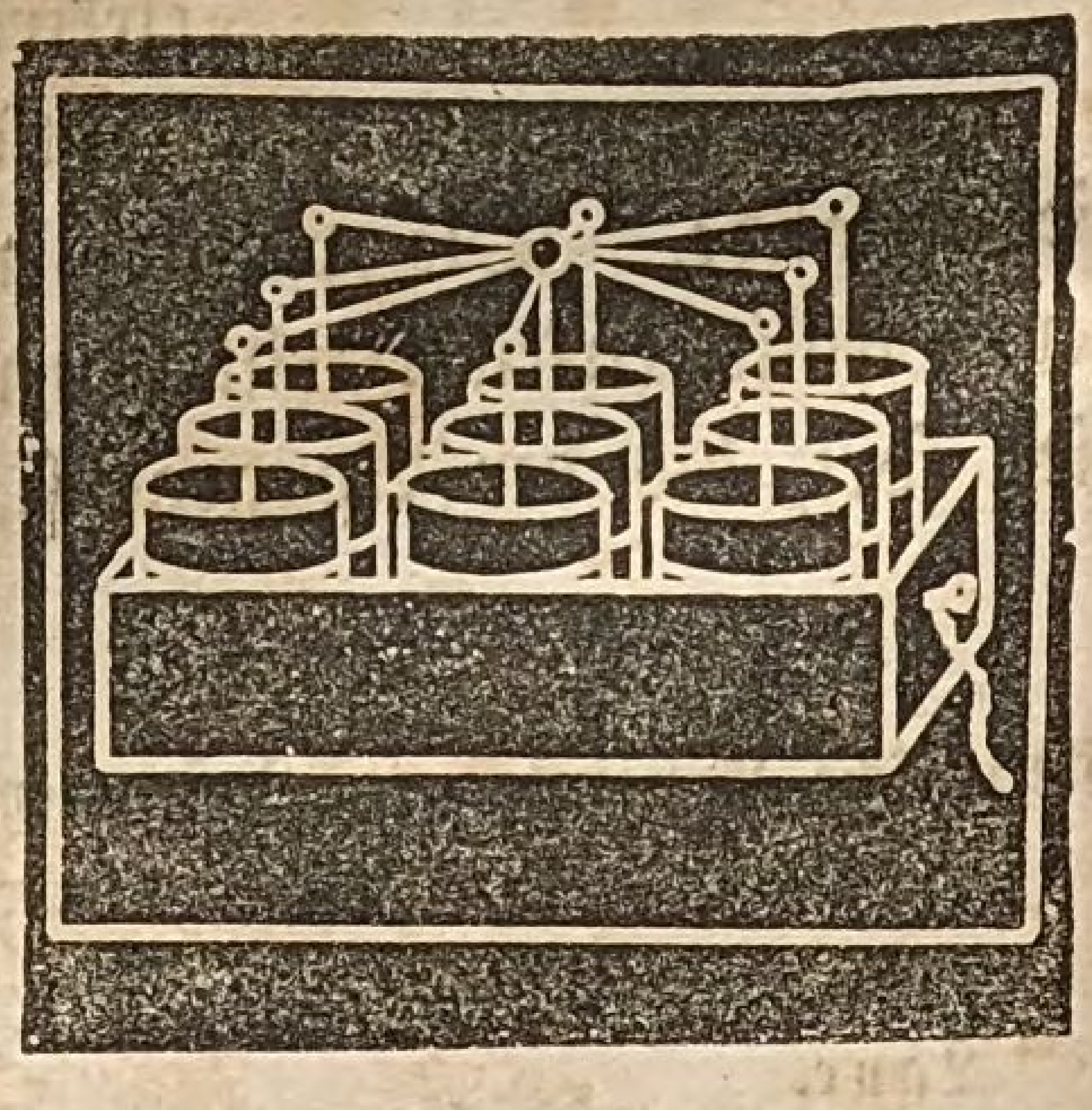
besteht aus zwei beweglichen Knöpfen, versehen mit Armen von Messing oder einem andern Metall, welche an einem gläsernen Stiel befestiget sind. Die Figur zeigt uns denselben. Soll eine Flasche damit entladen werden, so setzt man den einen Knopf an das äußere Beleg und nähert den andern dem Knopf der Flasche. Bei einer gewissen Annäherung, welche im Verhältniß der Stärke der Ladung steht, springt dann ein elektrischer Funke über und die Flasche entladet sich.



2) Der allgemeine Auslader von Henley. Die Figur stellt denselben dar. Er dient, um Gegenstände der Wirkung des Verstärkungsfunken der Flasche auszusetzen. a ist ein bewegliches Tischchen, um die Gegenstände darauf zu legen, welche der Wirkung des elektrischen Funkens ausgesetzt werden solle, b sind Messingstangen auf vertikale Glasstangen beweglich befestiget. Man verbindet nun das eine Ende von b mit dem äußeren Beleg einer Flasche oder auch mit dem damit leitend verbundenen Fußboden und bringt das andere mit dem Knopf der geladenen Flasche in Berührung. Dieß kann dadurch geschehen, daß man den einen Knopf eines gewöhnlichen Entladers an das Ende von b ansetzt und das andere Ende des Entladers dem Knopf der Flasche nähert, bis der Funke überspringt.

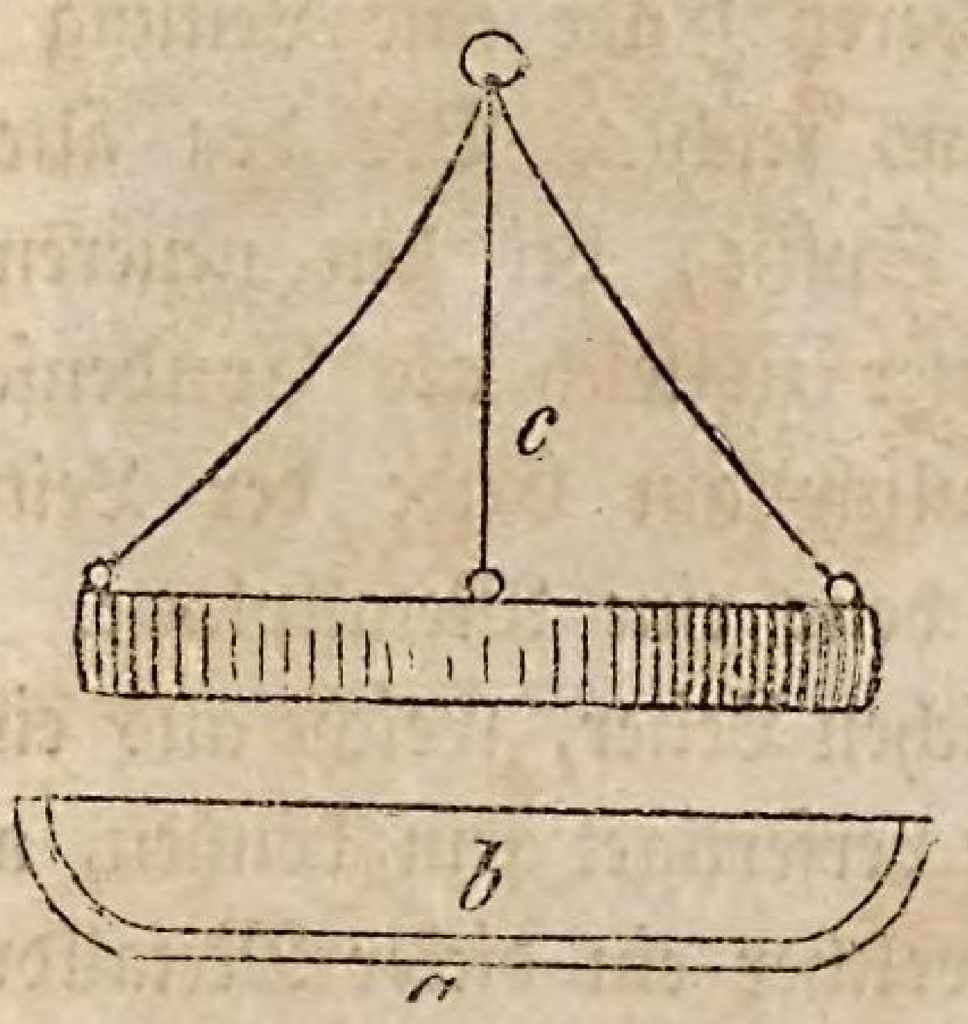


3) Die elektrische Batterie. Eine Anzahl leidner Flaschen sind so miteinander vereiniget, daß ihre äußeren und inneren Belege miteinander in leitender Verbindung stehen. Die Einrichtung wird aus der Abbildung klar. Die äußeren Belege werden dadurch miteinander verbunden, daß das Innere des Kastens, worin die Flaschen stehen, mit Stanniol ausgeklebt ist. Die metallene Kette, welche aus dem Kasten heraushängt, führt zum äußeren Beleg, der oben angezeigte Knopf zum inneren. Will man die Batterie entladen, so verbindet man den einen Knopf des Entladers mit der Kette und



nähert dann den anderen dem Knopf der Batterie. — Hinsichtlich der Wirksamkeit der Batterie muß jedoch bemerkt werden, daß sie nicht so stark wirkt, als man nach der Ladung, welche eine Flasche derselben anzunehmen im Stande ist, erwarten sollte.

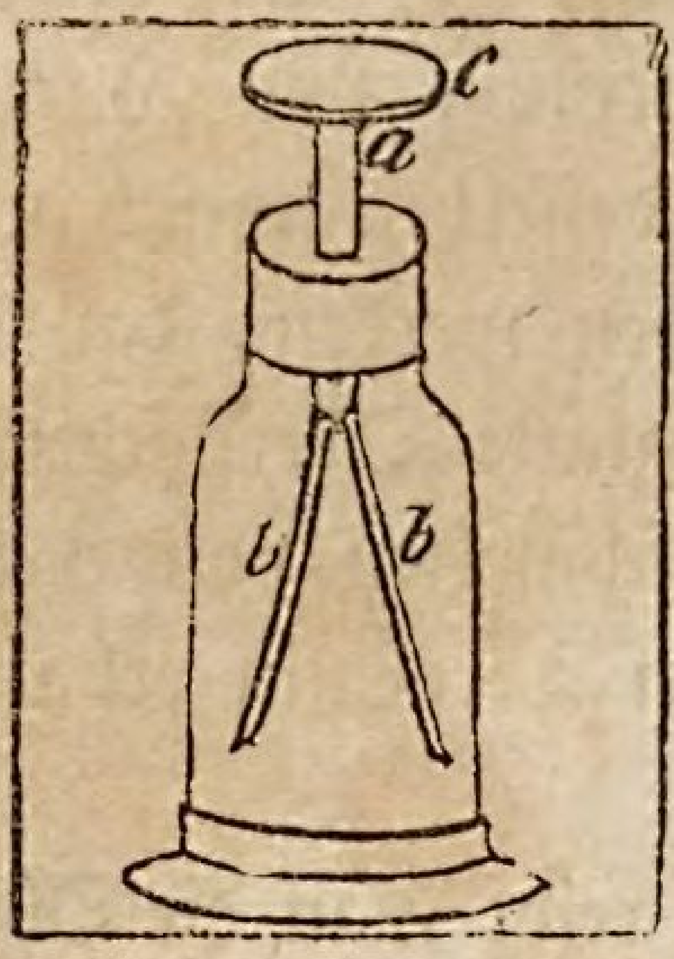
4) Das Elektrophor. Den Namen Elektricitätsträger führt dieser Apparat, weil er die Eigenschaft hat, die Elektricität geraume Zeit in sich zu enthalten. Derselbe besteht, wie Figur zeigt, aus drei Theilen, der Form, dem Kuchen und dem Deckel. Die Form a besteht aus Metallblech oder aus Holz überzogen mit Metallfolie. Der Kuchen ist eine Zusammensetzung von Harzen. Bei der Anfertigung desselben muß hauptsächlich darauf gesehen werden, daß der Kuchen eine ganz glatte Oberfläche erhält. Die beste Kuchenmasse soll durch Zusammenschmelzen von 8 bis 10 Theilen Schellack und einem Theil venetianischen Terpentin erhalten werden.



Um das Elektrophor in Wirksamkeit zu setzen reibt man die Oberfläche desselben zuerst mit Pelz. Diese nimmt hierdurch negative Elektricität an. Die metallene Form, welche durch eine Isolationsschicht von der Oberfläche getrennt ist, erleidet hierdurch eine Vertheilung. Die positive wird in der Form gebunden und die gleichnamige, die negative, wird abgestoßen und leitet sich nach den Fußboden ab. Nähert man jetzt den Deckel der negativ elektrisirten Oberfläche des Harzkuchens, so wird die natürliche in ihm zerlegt. Die positive wird gebunden, die negative, als gleichnamige, abgestoßen. Setzt man jetzt den Deckel auf die Oberfläche des Kuchens und berührt den Deckel oder besser noch zu gleicher Zeit Form und Deckel, so nimmt man die negative desselben hinweg. Hebt man dann denselben in die Höhe und bringt ihn aus dem Bereich des negativ elektrisirten Harzkuchens, so wird seine positive Elektricität frei und man erhält bei Annäherung eines Leiters, z. B. des Knöchels der Hand, einen elektrischen Funken. — Dieser Apparat erhält lange seine Elektricität in sich, wenn man, nachdem man seine Oberfläche mit Pelz gerieben hat, den Deckel darauf setzt. Der Grund hiervon ist offenbar der, daß wegen schlechter Leitung des Harzes die Elektricität nicht aus ihm herausgeht, aber doch im Stande ist die positive Elektricität des Deckels gebunden zu erhalten.

5) Elektrometer und Elektroscope. Hierunter werden Apparate

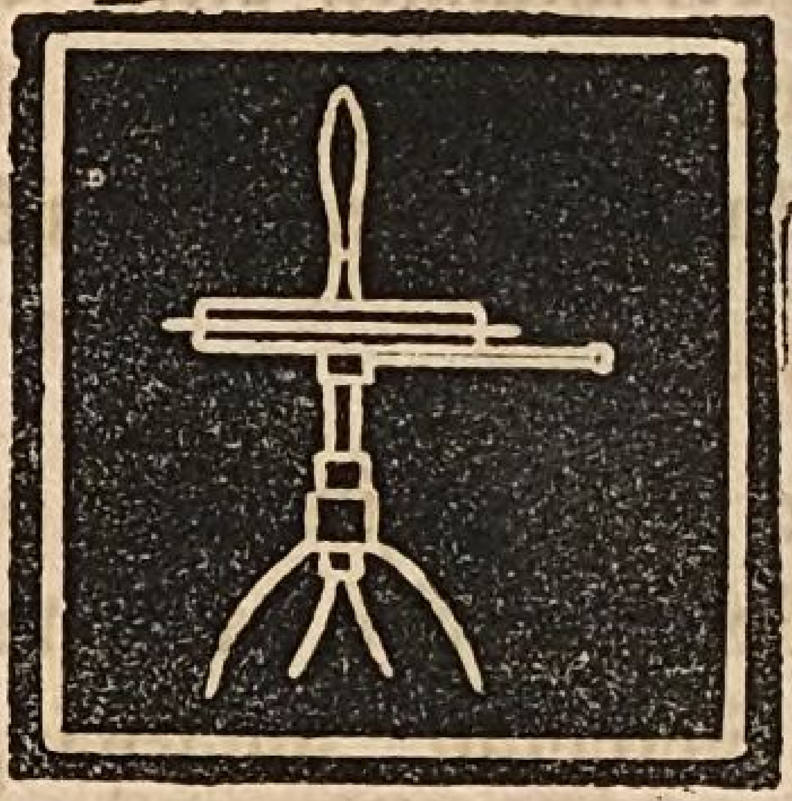
verstanden, welche theils dazu dienen, geringe Mengen von Elektricität anzuzeigen, theils sie zu messen. Die meisten, besonders die älteren Einrichtungen dieser Art beruhen auf der Eigenschaft leicht beweglicher Leiter, sich gegenseitig abzustoßen, wenn sie mit ein und derselben Elektricität beladen sind. — Man hat daher in einem passenden Gläschen zwei Strohhalme oder Goldblätter oder Korkkügelchen an leinenen Fäden nebeneinander aufgehängt und an ihrem oberen Ende eine Leitung angebracht, die bis außerhalb des Gläschens reicht. Bei den ältesten Einrichtungen endete diese Leitung in eine Spitze, bei den neueren ist sie so beschaffen, daß man das Elektrometer zugleich als Condensator gebrauchen kann. Es befindet sich nämlich am Ende der Leitung



außerhalb des Gläschens eine Metallplatte. b b sind die leichtbeweglichen Leiter, welche aus einem der drei angegebenen verfertiget sein können, a ist eine Glasröhre, in welcher ein dicker Metalldraht steckt, an dessen unterem Ende die leicht beweglichen Leiter angebracht sind und c ist eine Metallplatte, gewöhnlich von Messing, welche an dem anderen Ende des Drahtes befestiget ist. Der Körper, dessen Elektricität untersucht werden soll, wird mit c in Berührung gebracht und hierdurch den beweglichen Leitern Elektricität mitgetheilt. In Folge dieser elektrischen Ladung stoßen sie sich ab oder divergiren. — Will man nun wissen, von welcher Art die zu untersuchende Elektricität ist, so bringt man die beweglichen Leiter durch Berührung einer geriebenen Glasstange mit c zur Divergenz. Hierdurch haben sie positive Elektricität erhalten. Hierauf nähert man nun, noch während die Leiter divergiren, den Körper der Platte c, dessen Elektricität man untersuchen will. Ist die Elektricität des Körpers die gleichartige, so stoßen sie sich noch mehr ab, d. h. die Divergenz nimmt zu, ist sie die ungleichartige, so binden sie sich gegenseitig und die Divergenz nimmt ab oder die Leiter fallen zusammen. — Um die Stärke der elektrischen Abstoßung zu messen hat man hinter den beweglichen Leitern einen Bogen mit einer Gradeintheilung angebracht. — Man hat es für zweckmäßig erachtet an dem Boden des Elektrometers eine kleine Schublade anzubringen, um durch Einlegen von Chlorcalcium in dieselbe die Luft im Elektrometer auszutrocknen. — Auf Versuche von Harris sich stützend hat man neuerdings Elektrometer eingerichtet, welche luftleer gemacht werden können. Elektrometer dieser Art haben den Vorzug, daß die Divergenz der beweglichen Leiter länger anhält, so daß sie also ihren elektrisirten

Zustand länger erhalten und in diesem Zustand zu Versuchen benutzt werden können.

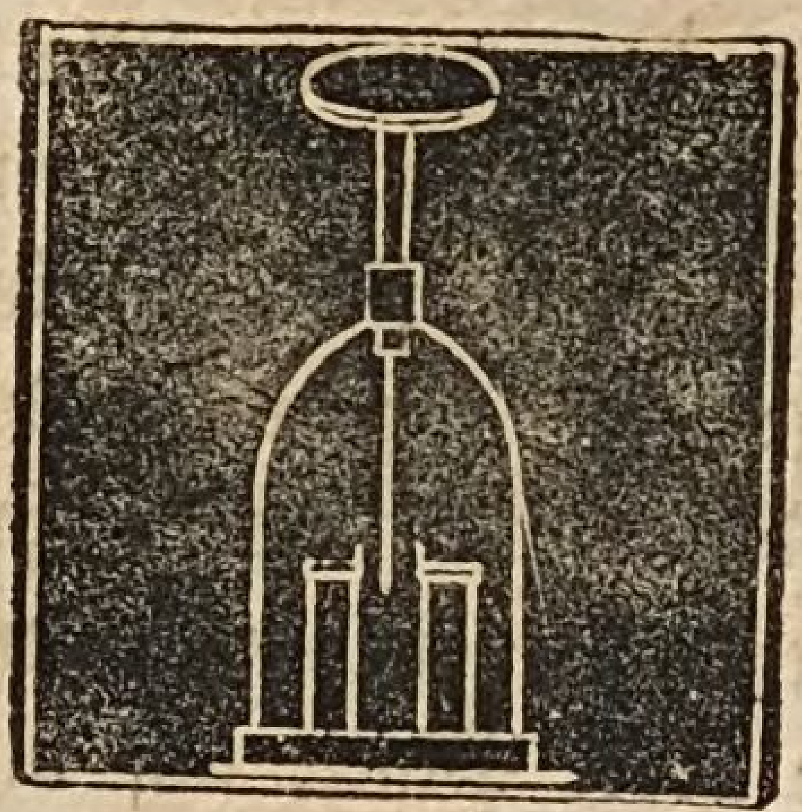
6) Der Condensator. Es ist dieß eine Vorrichtung, vermittelst welcher durch Vertheilung geringe Mengen von Elektricität verstärkt werden können. Der untere Theil ist ein Elektrometer, wozu eins der drei angegebenen dienen kann. Der Apparat endet oben in zwei Metallplatten, gewöhnlich von Messing, zwischen welchen eine dünne Schicht eines Isolators angebracht ist. Man bedient sich hierzu mit Vortheil einer dünnen Platte sibirischen Glimmers. Die obere Platte ist mit einem Glasstiel versehen. Will man nun die Elektricität eines Körpers untersuchen, so berührt man die untere Metallplatte damit, während man die obere ableitet. Die der unteren Platte mitgetheilte freie Elektricität wirkt durch die Isolationsschicht vertheilend auf die OE der oberen Platte. Da diese aber abgeleitet ist, so wird die gleichnamige entfernt und die ungleichnamige wirkt zurück auf die freie Elektricität in der unteren Platte, bindet diese und erhöht ihre Capacität für Elektricität, wodurch die noch in dem Körper vorhandene in die Platte gezogen wird. Hebt man nun die obere Platte auf und entfernt sie, so wirkt dann die ganze angesammelte Elektricität in der unteren Platte als freie und bringt eine Divergenz der leicht beweglichen Leiter hervor. Man nennt die obere Platte die Condensatorplatte, die untere die Collektorplatte.



7) Der Duplikator. Eine Vorrichtung, welche jetzt wenig mehr in Gebrauch ist, wegen ihrer sinnreichen Einrichtung aber verdient angeführt zu werden. Zu den beiden Platten des Condensators kommt noch eine dritte gleichgroße hinzu, welche mit einem Glasstiel versehen und auf beiden Seiten mit Firniß überstrichen ist. Der Stiel befindet sich mit der Platte in einer Ebene. Dicht am Stiel ist sie frei von Firniß und kann an dieser Stelle ableitend berührt werden. Wir wollen diese Platte die Duplikatorplatte nennen. Man verfährt nun folgendermaßen damit. Auf die Collektorplatte wird zuvörderst die Duplikatorplatte gelegt. Der zu untersuchende Körper wird an die Collektorplatte gehalten, während die Duplikatorplatte mit dem Finger an der Stelle berührt wird, welche ohne Firniß ist. Sie vertritt also die Stelle der Condensatorplatte. Man hebt jetzt diese Platte in die Höhe. Sie hat nun freie Elektricität und zwar die entgegengesetzt von der, welche die Collektorplatte hat. Legt man jetzt die Condensatorplatte auf die Duplikatorplatte und berührt erstere, so wird die durch

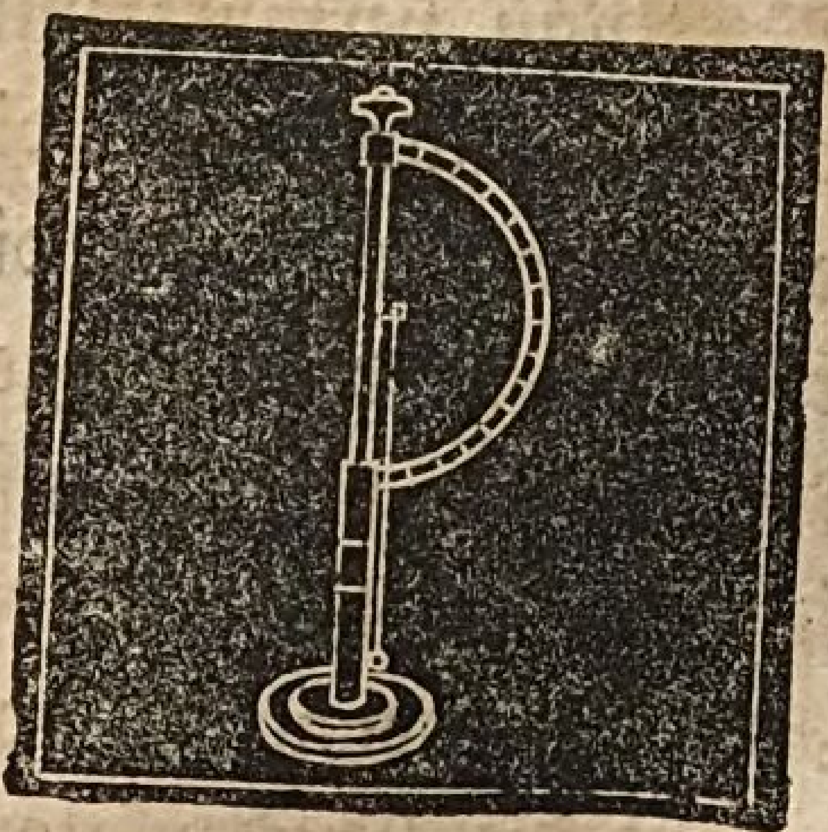
Vertheilung hervorgebrachte gleichnamige Elektricität abgeleitet, während die entgegengesetzte in der Condensatorplatte bleibt. Dieß ist nun die gleichnamige von der Collektorplatte. Berührt man daher diese mit der Condensatorplatte, so wird die Elektricität in ihr verstärkt. Indem man nun dieß Verfahren wiederholt, kann man ganz geringe Mengen Elektricität bedeutend verstärken. Man hat Vorrichtungen dieser Art mit beweglicher Duplikatorplatte, mittelst welchen in kurzer Zeit eine geringe Menge Elektricität so verstärkt werden kann, daß man Funken erhält.

8) Das Elektrometer von Bohnenberger, das empfindlichste von allen. In einem Gläschen ist zwischen den Polen zweier darin vertikal aufgestellter Zambonischer Säulen ein Goldblatt aufgehängt.



Das Goldblatt schwebt in gleicher Entfernung zwischen beiden. Es ist nun eine Eigenthümlichkeit dieser Säulen, daß sie fortwährend an ihren Polen freie Elektricität haben. Befindet sich das Goldblatt gerade zwischen ihnen, so wird es von den beiden Elektricitäten der Pole im Gleichgewicht gehalten. Dieß wird sogleich gestört, sobald dem Elektrometer Elektricität mitgetheilt wird. Sowie das Goldblatt diese erhalten hat, ist ein zweifacher Grund für die Bewegung desselben da. Es wird nämlich von der entgegengesetzten Elektricität des einen Pols angezogen und von der gleichnamigen des anderen abgestoßen. Fechner hat diesem Elektrometer eine andere Form gegeben, indem er eine liegende Zambonische Säule anwendet, welche in ihren beiden Polen mit Fassungen versehen ist, zwischen welchen das Goldblatt schwebt.

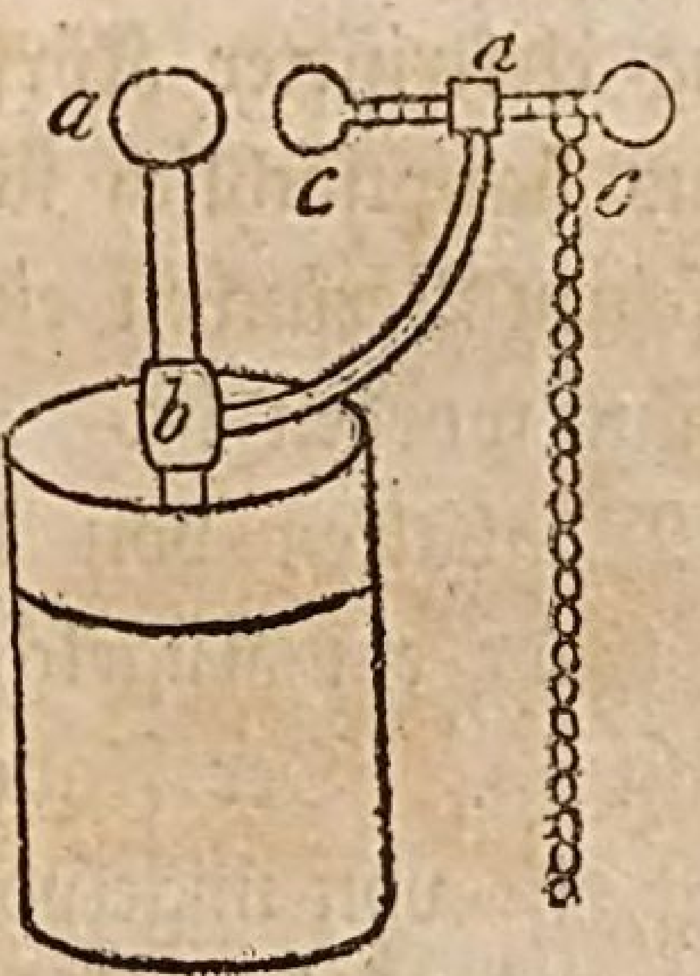
9) Das Henley'sche Elektrometer, auch Quadrantenelektrometer genannt. Es ist dieß eine Vorrichtung, welche dazu dient, die abstoßende Kraft der freien Elektricität, welche sich auf Oberflächen leitender Körper befinden, zu bestimmen, z. B. die Elektricität, welche sich auf der Oberfläche eines Conduktors einer Elektrisirmaschine vorfindet.



Ein bewegliches Stängelchen, welches am unteren Ende mit einem Hollundermarkkügelchen versehen ist, berührt eine metallene Fassung, welche den Fuß des Apparats bildet. Zur Seite ist ein Bogen mit einer Eintheilung versehen. Es leuchtet ein, daß das Stängelchen um so mehr abge=

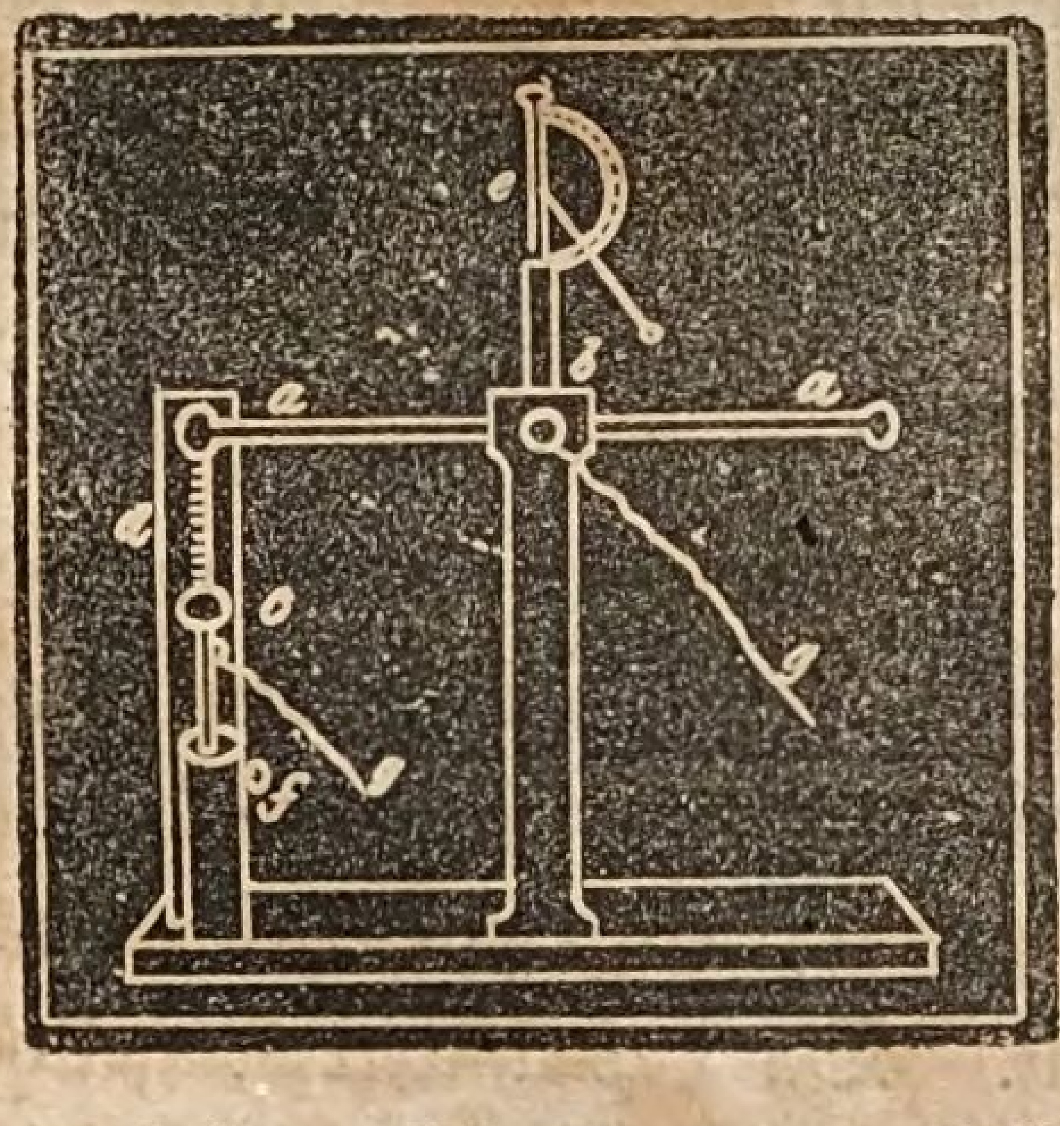
stoßen wird und hierdurch einen um so größeren Bogen beschreiben wird, je stärker die abstoßende Kraft der Elektricität ist.

10) Die Verstärkungsflasche von Lane. Sie dient um die Stärke der Ladung einer Verstärkungsflasche nach der Länge der überschlagenden Funken zu messen. Die Figur stellt eine



solche dar. a ist der Knopf der Flasche, c ist ein metallenes Stängelchen an beiden Enden mit Knöpfen von Metall versehen, d ist ein Röhrchen, in welchem es hin und her geschoben werden kann, daran ein Arm, aus einem Isolator bestehend. Auf dem Stängelchen c ist eine Eintheilung angebracht, deren Nullpunkt mit der Kante des Röhrchens d rechter Hand zusammenfällt, wenn es so nach dem Knopf a hingeschoben ist, daß c den Knopf a berührt. Ist die Flasche geladen, so verbindet man c durch die Leitungskette mit dem äußeren Beleg und schiebt nun c gegen a bis der Funke überschlägt. Die Länge des Funkens wird dann an der Eintheilung gemessen.

11) Eine Vorrichtung, welche denselben Endzweck hat, habe ich selbst eingerichtet. Die Figur stellt dieselbe dar.

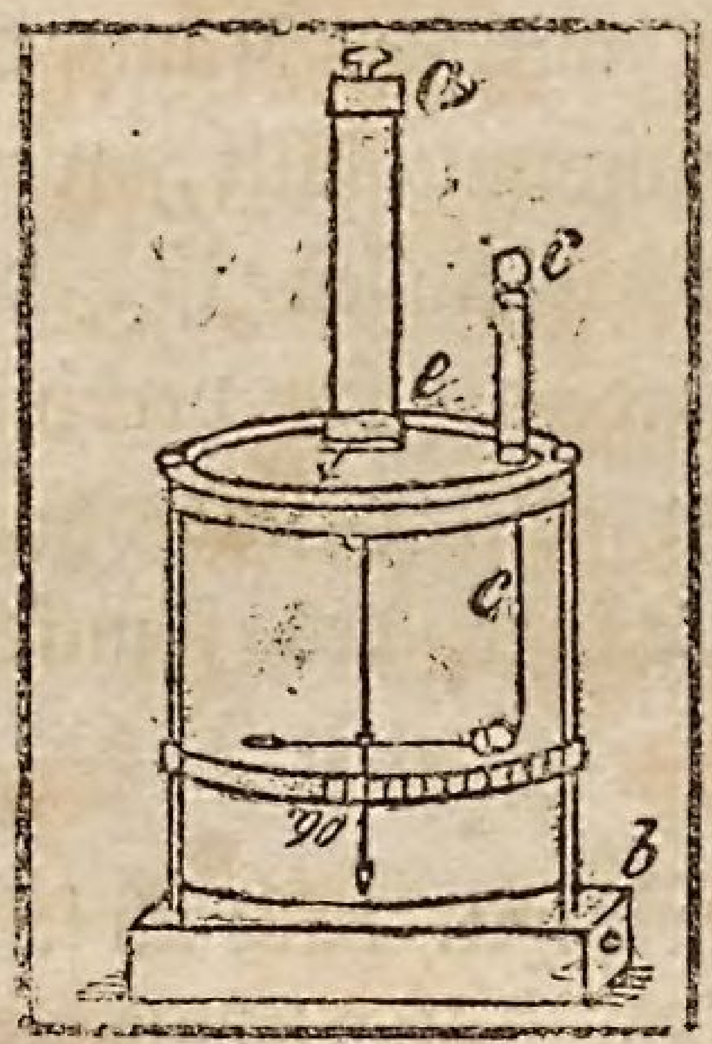


aa ist eine messingene Röhre, an beiden Enden mit zwei Kugeln von Messing versehen. Sie hat bei b eine Axe, welche in zwei gleichen Glasröhrchen ruht, die horizontal in dem Ständer bei b eingefügt sind. c ist eine Kugel von Messing mit einem Stängelchen, welches in senkrechter Richtung bewegt und mittelst der Schraube f gestellt werden kann. Hinter den beiden übereinander befindlichen Kugeln ist in einiger Entfernung ein Brettchen mit einer Eintheilung angebracht. Oben ist ein Quadrantenelektrometer befestiget, um nach der stattfindenden Repulsion die Stärke der Ladung zu bemessen. Man bringt nun die beiden Leitungsdräthe g mit dem äußeren und inneren Beleg eines Verstärkungsapparats in Verbindung. Die Kugel a wird sich dann der Kugel c nähern und bei einer gewissen Entfernung wird ein Funke überschlagen, dessen Länge an der Eintheilung beobachtet werden kann.

§. 4.

Die elektrischen Erscheinungen insbesondere. Erscheinungen der Anziehung und Abstoßung. Verbreitung der Elektricität auf der Oberfläche von Leitern. Elektrische Figuren, Lichtenbergische, Hauchfiguren. Der elektrische Funke. Elektrische Lichterscheinungen. Dauer des elektrischen Funkens.

a) In Betreff der Anziehung und Abstoßung elektrisirter Körper besitzen wir Versuche von Coulomb, welche uns hauptsächlich über letztere Erscheinung belehren. Er bediente sich zu seinen Versuchen einer Vorrichtung, welche die elektrische Drehwage genannt worden ist. In dem vorgestellten Glascylinder befindet sich ein Wagbalken von der feinsten Art, etwa von Schellack, an dessen einem Ende ein Kügelchen von Hollundermark angebracht ist. Der Faden, an dem der Wagbalken hängt, ist von ungesponnener Seide. c ist ein metallenes an beiden Enden mit Knöpfen versehenes Stängelchen, welches zur Aufnahme der Elektricität dient. Die untere Kugel ist von derselben Größe, welche die hat, die sich am Wagbalken befindet. An der Außenseite des Cylinders läuft längs der Wand ein metallener Streifen versehen mit einer Kreiseintheilung. Sie dient, um die Abstände der abgestoßenen Kugel zu messen. Der Boden des Apparats besteht in einem Kästchen von gefirnißtem Holz, welches so eingerichtet ist, daß ein Schälchen gefüllt mit Chlorcalcium unter den Cylinder gebracht werden kann, um die Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen. Bei e befindet sich ein Zeiger über einer Kreiseintheilung. Er ist an einem drehbaren Cylinder befestiget, in welchem an der Schraube a der Seidenfaden befestiget ist, welcher den Wagbalken trägt. Soll mit der Wage operirt werden, so wird das an dem Wagbalken befindliche Kügelchen so gestellt, daß sein Mittelpunkt auf den Nullpunkt der Eintheilung kommt. Da das untere Kügelchen von c das des Wagbalkens berührt, so werden, wenn ihm Elektricität mitgetheilt worden ist, die beiden sich berührenden Kügelchen gleichnamig elektrisch. Und da dieselben Elektricitäten sich abstoßen, so wird sich jetzt das Kügelchen des Wagbalkens entfernen. Dieser elektrischen Repulsionskraft wirkt die Drehungselasticität des Fadens entgegen. Und da diese in dem Verhältniß wächst, in welchem der Bogen sich vergrößert, hingegen die elektrische Repulsionskraft sich vermindert im Verhältniß der Entfernung des Wagbalkens von der elektrisirten Kugel, so muß bei einer gewissen Größe des Abstoßungswinkels ein Gleichgewicht zwischen beiden Kräften da seyn. Wir wollen das hier Gesagte



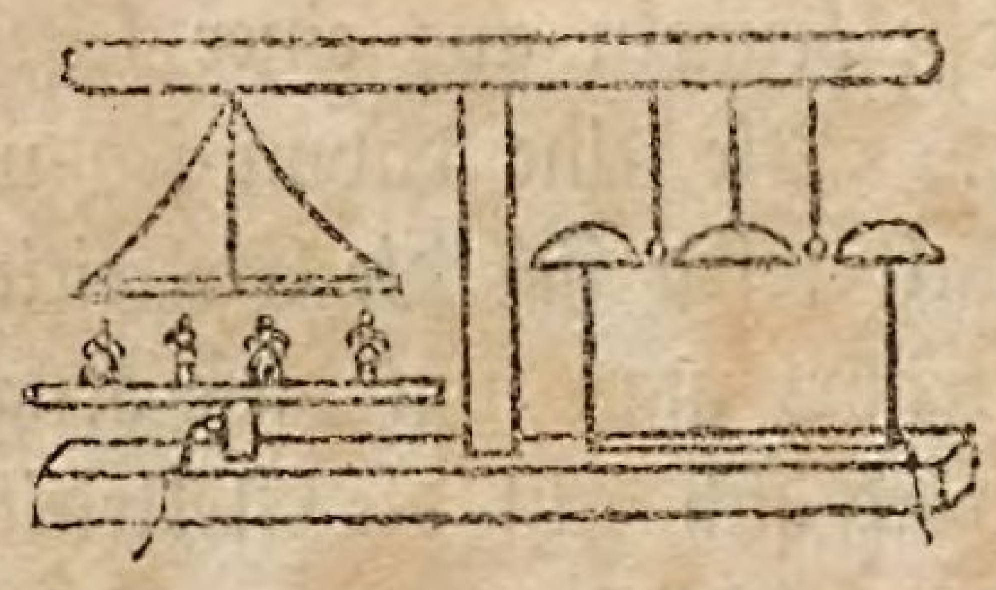
sogleich durch einen Versuch von Coulomb verdeutlichen, wodurch es gelang zu zeigen, daß die elektrische Repulsion den Quadraten der Entfernungen umgekehrt proportional ist. — Es wurde zuvörderst den beiden Kugeln Elektricität mitgetheilt und hierdurch eine Abstoßung von 36° bewirkt. Mittelst des Zeigers, an welchem der Seidenfaden befestiget ist, der zum Wagbalken führt, wurde nun derselbe dem elektrisirten Kügelchen entgegen gedreht. Als der Wagbalken bei 18° der inneren Eintheilung stand, hatte der Zeiger 126° durchlaufen. Und um ihn zu 8,5 der Eintheilung zu bringen, mußte der Zeiger 567° durchlaufen. Da nun die Größe der elektrischen Repulsion durch den Stand des Wagbalkens und durch die Anzahl der Grade, welche der Zeiger durchlaufen mußte, um ihm diese Stellung zu geben, gemessen wird, so erhalten wir für die Größe der elektrischen Repulsion folgende Werthe, nämlich: 36°, $126 + 18 = 144°$ und $567 + 8,5 = 575,5$. Verwandeln wir letzte Größe in 576 und setzen wir den anfänglichen Abstand 36° gleich 1, so erhalten wir für die Abstände 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ die Drehungswinkel 1.36, 4.36 und 16.36. Diese Zahlen sprechen das Gesetz aus: es verhalten sich die Abstoßungen umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen. — Wie man diesen Apparat zugleich benützen kann, um messende Versuche über die Dichtigkeit der Elektricität, welche sich auf leitenden Oberflächen befindet, anzustellen, ergiebt sich aus Folgendem. Gesetzt man habe zwei gleich große Kugeln aus einer leitenden Substanz bestehend, welche isolirt sind. Die eine davon sey mit Elektricität beladen. Vermöge der Kugelgestalt wird sich die Elektricität gleichmäßig auf ihr verbreitet haben. Berührt man nun diese Kugel mit einer anderen von gleicher Größe, so wird sich jetzt die Elektricität so vertheilen, daß beide Kugeln nur noch die Hälfte haben. Theilt man nun bei einer Reihe von Versuchen der ersten Kugel immer gleich viel Elektricität mit, was mittelst eines mit derselben in Verbindung stehenden Quadranten-Elektrometer möglich gemacht werden kann, so kann man Repulsionen erhalten, welche den Dichtigkeiten der auf der Kugel verbreiteten Elektricitäten von 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ u. s. w. entsprechen. — Es ist auf diese Weise ermittelt worden, daß die Kraft, mit welcher die Elektricität von einem isolirten Leiter sich zu verbreiten sucht, sich wie das Quadrat der Dichtigkeit der elektrischen Schicht verhält, welche den Leiter umgiebt.

Da es keine vollkommene Isolatoren giebt, so begreift man, wie ein elektrisirter Körper allmählich an seiner Elektricität verlieren muß. In der Luft geschieht dieß theils durch diese selbst, theils durch die Isolatoren, worauf er sich befindet, Glas oder Seide, hauptsächlich aber

durch die in derselben enthaltene Feuchtigkeit, welche sich sowohl auf den elektrisirten Körper, als den damit in Verbindung stehenden Isolator niederschlägt. Wie sehr die Feuchtigkeit ableitend wirkt ergiebt sich daraus, daß man einer Harzstange alle Elektricität nehmen kann, wenn man sie anhaucht. Aber auch in ganz trockner Luft verlieren die Leiter allmählich ihre Elektricität, wie Coulomb mittelst der Drehwage nachgewiesen hat.

Die Verbreitung der Elektricität auf der Oberfläche der Körper hängt sehr von der Form derselben ab. Sind die Leiter kugelförmig, so hat die darauf entwickelte Elektricität überall gleiche Dichtigkeit. Ist der Körper hingegen ein Cylinder, so nimmt die Dichtigkeit von der Mitte nach den beiden Enden hin zu. Man hat gefunden, daß bei einem Cylinder von 8″ Länge und 2″ Durchmesser, wenn die Dichtigkeit in der Mitte zu 1 angenommen wird gegen das Ende hin in Abständen von 2″, 1″ und am Ende selbst sich wie 1 : 1,28; 1,8 und 2,3 verhält.

Die elektrische Anziehung und Abstoßung hat zu mancherlei physikalischen Spielereien Veranlassung gegeben, von welchen wir hier zwei anführen wollen, nämlich das elektrische Glockenspiel und der elektrische Puppentanz. In beigegebener Figur sind sie beide vereiniget. Der horizontalen Stange, welche aus einem Leiter besteht, wird durch Verbindung mit dem Conduktor positive Elektricität mitgetheilt. Diese theilt sich der mittleren Glocke, welche wie die anderen von Metall sind, mit. An Faden sind zwischen den Glocken kleine metallene Knöpfel aufgehängt. Die äußeren Glocken sind leitend mit dem Fußboden verbunden. So wie nun der mittleren Glocke Elektricität mitgetheilt worden ist, zieht sie die Knöpfel an. So wie diese die Glocke berühren werden sie gleichnamig elektrisch und in Folge dieser gleichnamigen Elektricität abgestoßen, bewegen sich nun nach den äußeren Glocken und stoßen diese an, wodurch sie ertönen. Hier treten sie zugleich ihre Elektricitäten ab und gehen wieder in ihren natürlichen Zustand zurück. Hierauf werden sie wieder angezogen und es erneut sich das Spiel der Anziehung und Abstoßung. — Auf gleiche Weise geschieht der Puppentanz auf der anderen Seite zwischen den beiden über einander befindlichen Metallscheiben. Die beiden Scheiben sind von Pappe mit Stanniol überklebt und hierdurch leitend gemacht. Die untere ist mit dem Fußboden in Verbindung, der oberen ist die Elektricität des Conduktors der Maschine mitgetheilt. Die Puppen werden jetzt



von der oberen Scheibe angezogen, werden dann gleichnamig elektrisch und hierauf abgestoßen. Sie theilen dann der unteren Scheibe ihre Elektricität mit und werden hierdurch wieder in ihren natürlichen Zustand versetzt, worauf sie von Neuem angezogen werden.

b) Die elektrischen Figuren.

1) Die Lichtenbergischen. Sie wurden von Lichtenberg im Jahre 1777 entdeckt und werden hervorgebracht, wenn man der Oberfläche eines Harzkuchens z. B. dem Kuchen eines Elektrophors positive oder negative Elektricität mittheilt und diesen hernach mit dem feinen Pulver verschiedener Körper bepudert. Man ladet das Innere einer Verstärkungsflasche positivelektrisch, indem man den Knopf derselben an dem Conduktor einer gewöhnlichen Glasscheibenmaschine hält, faßt sie dann mit der Hand das äußere Beleg umspannend und fährt mit dem Knopf auf der Oberfläche des Kuchens umher. Hierauf bepudert man die Oberfläche mit feinem Pulver von Colophonium und giebt dann dem Harzkuchen mit der Hand einen leichten Stoß, damit sich die Pulvertheile nach den Stellen ordnen können, welche Elektricität empfangen haben. Man wird jetzt finden, daß sich überall da, wo man mit dem Knopf der Flasche hingekommen ist, dendritische Figuren gebildet haben. Es wird hierbei Elektricität des inneren Belegs der Flasche dem Harzkuchen mitgetheilt, welche dann, wie jede freie Elektricität die Theile des Colophoniums anzieht und nach den Richtungen, in welchen die Elektricität sich verbreitet hat, gruppirt.

Wird hingegen das Innere einer Flasche negativelektrisch geladen, was leicht bewerkstelliget werden kann, wenn das Aeußere einer Verstärkungsflasche mit dem Conduktor einer gewöhnlichen Glaselektrisirmaschine verbunden wird und das Innere ableitend berührt wird, so erhält man, nachdem man mit dem Knopf der Flasche dem Harzkuchen negative Elektricität mitgetheilt hat, durch Bepudern mit Colophoniumpulver keine strahlenförmig dendritischen Figuren, sondern runde oft wie Perlenschnüre aneinandergereihte. — Man kann auch mit Pulvern von anderen Körpern, wie von Schwefel, Bärlappsamen, Zucker, Mehl u. s. w. diese Figuren darstellen, man erhält sie jedoch stets am schönsten mit Pulver von Colophonium. Bei diesen Versuchen hat die Elektricität, welche die Pulver beim Durchsieben annehmen, Einfluß auf die Bildung der Figuren. In dieser Beziehung ist folgender Versuch bemerkenswerth. Beschreibt man mit dem Knopf eine Verstärkungsflasche, welche erst positiv und dann negativ geladen worden ist, Figuren auf der Oberfläche eines Harzkuchens und bepudert sie dann mit einem Gemenge von Mennige und Schwefelblumen, so nehmen die

positiven Züge nur die Schwefelblumen an, hingegen die negativen nur die Mennige. Man erklärt dieß aus dem Negativelektrischwerden der Mennige beim Durchstäuben mit Schwefelpulver.

2) Elektrische Hauchfiguren. Diese sind neuerdings von Ries entdeckt worden. Am Einfachsten erhält man sie, wenn man zwei Leiter z. B. zwei Münzen auf eine Glasscheibe legt und Funken von einer zur anderen überschlagen läßt, was leicht dadurch bewerkstelliget wird, daß man die eine Münze leitend berührt, während man die andere mit einem elektrisirten Conduktor in Verbindung bringt. Nachdem der Funke übergeschlagen ist, haucht man auf die Glasscheibe und man wird nun finden, daß, während die ganze Scheibe mit Feuchtigkeit beschlägt, die Stelle, längst welcher der Funke sich bewegt hat, völlig blank geblieben ist. Läßt man mehrere Funken überschlagen, so sieht man von sämmtlichen deutliche Abbildungen. — Stellt man diesen Versuch mit einem Harzkuchen an, so gewahrt man dieselbe Erscheinung. Man sollte meinen, daß diese Figuren mit den Lichtenbergischen in Zusammenhang stünden. Dieß ist jedoch nicht der Fall, wie sich aus folgendem Versuch ergiebt, den ich selbst angestellt habe.

Es wurde der obige mit den zwei Münzen auf Glas angestellte Versuch auf einem Harzkuchen wiederholt. Als hierauf die Stellen mit Colophoniumpulver bepudert wurden, zeigten sich Umrisse von den beiden auf dem Kuchen gestandenen Leitern, aber keine Abbildung des zwischen ihnen übergeschlagenen Funken. Wurde derselbe Versuch wiederholt und anstatt die Oberfläche mit Colophoniumpulver zu bepudern, darauf gehaucht, so sah man die Abbildungen des Funkens aber nicht die Umrisse der aufgelegt gewesenen Leiter.

Ich richtete jetzt viereckige Scheiben vom gewöhnlichen Fensterglas in der Art ein, daß auf jede Seite in einem Abstand von 3''' vom Rand derselben ein Stanniolblatt von 12''' Länge und und 10''' Breite mit Leim aufgeklebt wurden. Die Scheibe wurde jetzt so zwischen die Knöpfe eines allgemeinen Ausladers gestellt, daß ein Funke aus einer Verstärkungsflasche von dem einen Beleg zum anderen über den Rand überschlagen mußte. Nach geschehener Entladung zeigte sich Folgendes.

Gleich aus dem ersten Anblick ergab es sich, daß die Glasscheibe auf der Seite, von welcher der positive Funke hergekommen war, stärker angegriffen war, als auf der anderen. Als ich diese mit der Loupe betrachtete, fand ich Streifen auf dem Glas, welche am Rande mit einer grauen Substanz eingefaßt waren und in der Mitte eine Rippe von derselben Substanz, jedoch von größerer Breite, hatten oder ich sah zwei Streifen nebeneinander auf beiden Seiten mit besagten Rändern

eingefaßt, die aber noch vor der Kante des Glases, wo der Funke gezwungen war überzuschlagen, zusammengingen. — Auf der anderen Seite sah ich nur schwache Streifen ohne Randverbrämung. Es sah aus, als wenn das Glas da, wo der Funke übergeschlagen war, wie durch Aetzen angegriffen worden wäre. Wurden die Glasflächen behaucht, so erhielten die Streifen eine Einfassung von bemerkbarer Breite, innerhalb welcher das Glas vollkommen blank geblieben war. — Es geht aus diesen Versuchen hervor, daß der elektrische Funke eine doppelte Wirkung auf das Glas ausübt, eine, welche unmittelbare Spuren auf dem Glas hinterläßt, worüber schon Simon Beobachtungen angestellt hat (Gilb. Ann. B. 39. S. 57), die schon mit bloßen Augen wahrnehmbar sind, und eine, welche sich in eine gewisse Entfernung erstreckt und welche die Ursache der elektrischen Hauchfiguren ist.

c) Der elektrische Funke, unstreitig die schönste Erscheinung der Elektricität. Die Bedingungen zur Entstehung des elektrischen Funkens sind darin gegeben, daß sich zwischen zwei mit entgegengesetzten Elektricitäten geladenen Leitern ein Isolator oder wenigstens eine Substanz befinde, welche nicht Leitungsfähigkeit genug hat, die Elektricitäten beider Leiter in sich aufzunehmen. Im gewöhnlichen Fall, in welchem durch die Maschine Elektricität hervorgebracht wird, ist es die Luft, welche als Isolator wirkt. Will man elektrische Funken in leitenden Flüssigkeiten, wie z. B. in Wasser hervorbringen, so müssen die Enden des Ausladers nicht weit von einander abstehen, damit die geringe dazwischen befindliche Wasserschicht nicht leitende Kraft genug besitzt, und daher als Isolationsschicht wirkt. So kann man elektrische Funken durch Wasser, Oel, Aether u. s. w. gehen lassen. Bei Anstellung dieser Versuche muß man dafür Sorge tragen, daß die Flüssigkeit noch einen gewissen Spielraum im Gefäße, worin sie sich befindet, habe, um den elektrischen Funken ausweichen zu können, weil sonst das Gefäß, welches die Flüssigkeit einschließt, leicht zertrümmert wird.

Wir wollen bei der Beschreibung der Erscheinungen des elektrischen Lichtes mit dem einfachsten Fall anfangen, dem nämlich, wo eine elektrische Erscheinung im luftleeren Raum hervorgebracht wird. Man kann sich hierzu eines mittelst der Luftpumpe entleerten Raumes bedienen oder der toricellischen Leere. Im ersten Fall nimmt man eine hohle Glaskugel mit drei Oeffnungen. Die mittlere Oeffnung wird mit einer messingenen Fassung mit Hahn versehen, mit welcher sie auf den Teller einer Luftpumpe aufgeschraubt werden kann. In den beiden anderen sind messingene Stängelchen mit Kugeln angebracht, welche sich im Innern der Kugel gegenüberstehen. Verbindet man nun beide

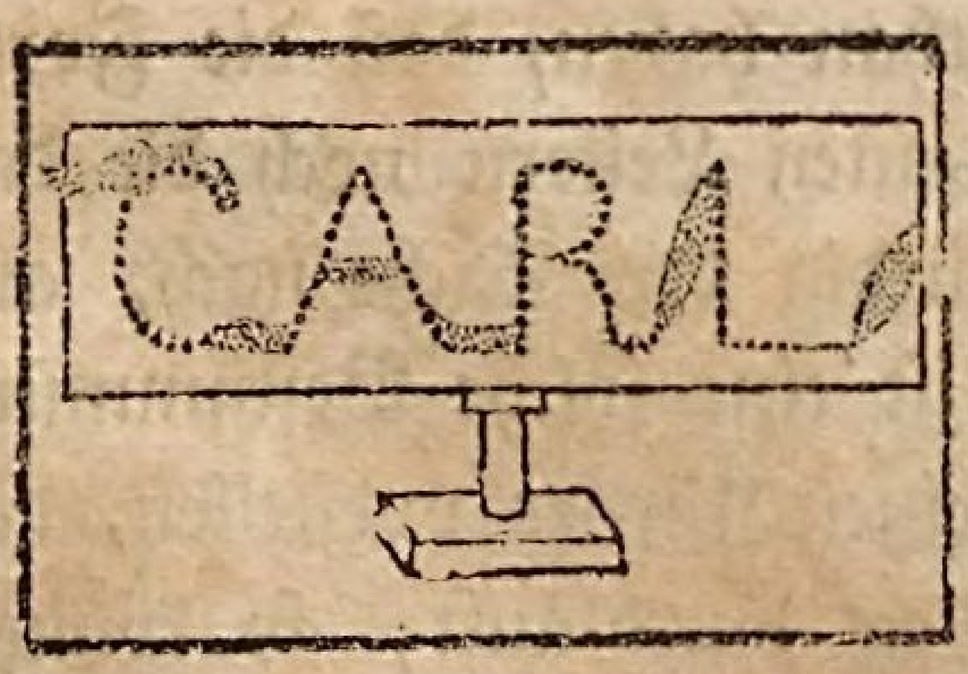
Stängelchen mit den Belegen einer geladenen Verstärkungsflasche, nachdem man das Innere der Kugel luftleer gemacht hat, so gewahrt man, daß das elektrische Licht den ganzen inneren Raum der Kugel erfüllt. Läßt man, während dieß Licht sich verbreitet, Luft hinein, so sieht man, daß es sich zusammenzieht, immer kleiner wird und sich immer mehr der Form eines Funkens nähert.

Zur Hervorbringung des elektrischen Lichtes im toricellischen Raume bedient man sich am Einfachsten einer Barometerröhre in deren geschlossenem Ende ein Platindraht eingeschmolzen ist. Indem man nun die Röhre mit Quecksilber füllt, dieß darin auskocht und unter Quecksilber umkehrt, hat man eine Leere über den Quecksilber erhalten, durch welche man Elektricität hindurch gehen lassen kann. Dieß geschieht dadurch, daß man den Draht mit dem einen Beleg einer Verstärkungsflasche, das die Röhre umgebende Quecksilber mit dem andern verbindet. Man sieht jetzt ebenfalls eine Lichterscheinung im leeren Raume. — Die Frage, ob das Licht, welches dem Funken begleitet, der Elektricität eigenthümlich sei oder etwa durch Compression der Luft entstehe, hatte H. Davy veranlaßt, Versuche mit der Elektricität im leeren Raume anzustellen. Er bediente sich hierzu eines Heberbarometers in dessen geschlossenem Ende ein Platindraht eingeschmolzen war. Das offene Ende war mit einer Luftpumpe in Verbindung. Durch Luftentziehung konnte mittelst derselben ein Fallen des Quecksilbers in dem geschlossenen Schenkel hervorgebracht und hierdurch der leere Raum vergrößert werden. — Er fand bei diesen Versuchen zuvörderst, daß, wenn an der äußeren Seite der Glasröhre ein Ueberzug von Metall sich befand, dieser eine Ladung annahm, während das Innere der Röhre vom elektrischen Licht leuchtend war. Demnach wirkt der luftleere Raum gerade wie ein Leiter der Elektricität. Bei diesen Versuchen ergab sich ferner der Umstand, daß die Stärke der Lichterscheinung von der Temperatur abhing. War die Röhre sehr heiß, so zeigte sich das elektrische Licht über der Quecksilberoberfläche mit lebhaftem sehr intensiven Licht. In dem Maaße als die Temperatur abnahm verminderte sich die Lebhaftigkeit der Farbe und als die Röhre künstlich bis auf — 23° R. erkältet worden war, konnte kaum noch ein Lichtschein wahrgenommen werden. Wurde das Quecksilber zum Kochen gebracht, so erschien es mit einem selbst beim Tageslicht wahrzunehmenden Glanz. Um diese Versuche in Räumen anzustellen möglichst frei von Dünsten, gebrauchte er eine toricellische Leere über geschmolzenen Zinn. Als durch diese die Elektricität fortgeleitet wurde, zeigte sich in ihr ein gelbes Licht. Durch einen leeren Raum über Chlorantimon ging die Elektricität mit einem

stärkeren Glanz hindurch als durch einen solchen über Baumöl. Allgemein wurde hier beobachtet, daß das elektrische Licht um desto intensiver war, je mehr die Leere Dämpfe der Flüssigkeit enthielt, über welche sie sich befand. So bemerkenswerth diese Versuche in einer Hinsicht sind, so sind sie doch nicht darüber entscheidend, ob die Elektricität an sich leuchtend ist oder nicht, da es klar ist, daß diese Versuche in Räumen angestellt wurden, welche noch mit Dämpfen erfüllt waren.

Läßt man elektrische Funken durch verschiedene Gasarten gehen, so findet man sie verschieden gefärbt. In der Luft erscheint der Funke mit intensiv bläulichem Lichte. Ist die übergehende Elektricitätsmenge gering, so zeigen sich dunkle Stellen. In Stickgas ist der Funke mehr blau und purpurfarben als in der atmosphärischen Luft und ist von einem stärkeren Schall begleitet. In Sauerstoffgas ist er weißer, jedoch weniger glänzend als in der Luft. In Wasserstoffgas ist er hochroth und von weniger Geräusch. Die Farbe verschwindet, wenn das Gas ausgedehnt wird. In kohlensaurem Gas grün, zuweilen roth oder er zeigt auch beide Farben zugleich. In salzsaurem Gas weiß, durchaus glänzend, ohne jedoch dunkle Stellen zu zeigen, welche in andere Gasen bemerkt wurden.

Wenn man mehrere isolirte Leiter in gleichen Entfernungen neben einander stellt und den ersten mit dem Conduktor der Maschine, den letzten mit dem Reibzeug verbindet, so schlagen, wenn der Conduktor elektrisirt wird, zu gleicher Zeit zwischen allen Leitern Funken über. Diese Eigenschaft der Elektricität ist zu mancherlei belustigenden Einrichtungen benutzt worden, von denen die Blitztafeln angeführt zu werden verdienen. Es sind dieß Glastafeln, auf welchen kleine Stückchen Stanniol so geklebt sind, daß sich zwischen ihnen Zwischenräume von ungefähr $1/3'''$ befinden. Mit diesen werden allerhand Figuren gebildet, welche in elektrischem Funkenlicht erglänzen, wenn ein elektrischer Funke durch sie hindurchgeführt wird. Diese elektrische Erleuchtung nimmt sich besonders gut aus, wenn die Stanniolstückchen auf dunkelm Glas, z. B. auf blauem geklebt sind. Einrichtungen dieser Art befinden sich in großer Menge beschrieben in Wieglebs natürlicher Magie. Eine Tafel dieser Art stellt beigegebene Figur vor.



Wenn man im Dunkeln die Scheibe einer Maschine dreht, so er=

scheint die Oberfläche längst der Kissen beleuchtet. Das leuchtende Wesen, welches sich auf der Scheibe zeigt, läßt sich am besten mit dem Leuchten des Phosphors vergleichen. Nähert man sich mit einem Leiter der Scheibe, so zieht sich dieß leuchtende Wesen zusammen und fährt in Gestalt eines Funkens in denselben über. —

Die Funken aus einem Conduktor sind lang und dünn, aus einer Verstärkungsflasche kurz und dick. Nur kurze Funken bewegen sich geradlinigt. Je länger sie sind, um desto mehr schlängeln sie sich. Bei sehr langen Funken zeigen sich Verästelungen an den Biegungen. — Aus dem Conduktor der großen Taylor'schen Maschine, welche sich in Harlem befindet, schlagen bei trockener Witterung in einer Minute 300 Funken von 24″ Länge und von der Dicke eines Federkiels über, die sich schlängeln und an den Krümmungen 6″ bis 8″ lange Strahlen ausschießen lassen.

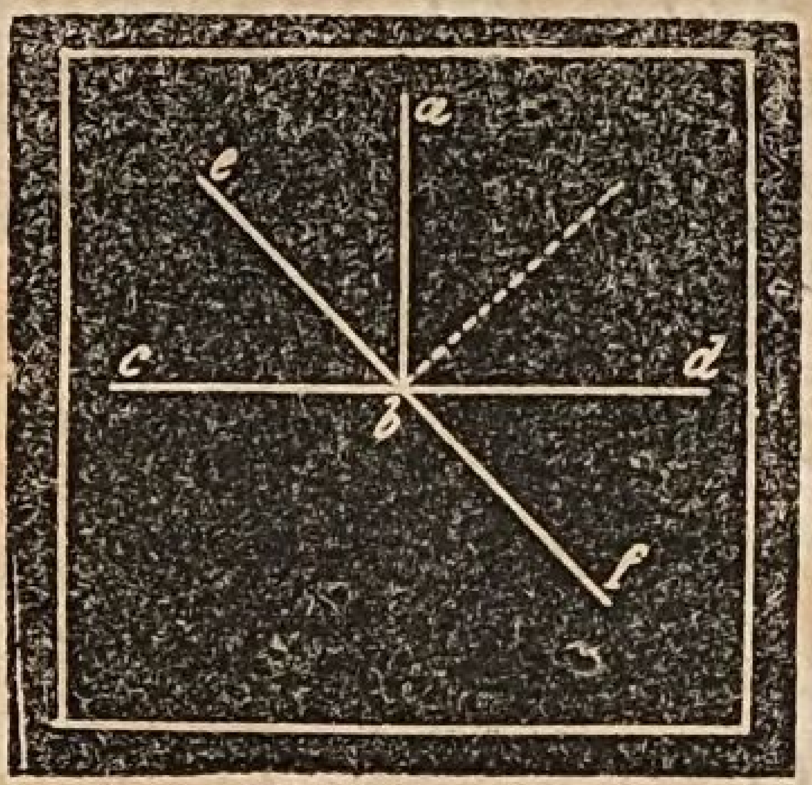
Läßt man den Conduktor einer Maschine in einer Spitze enden, so beobachtet man an derselben einen ausfahrenden Lichtbüschel. Dieser ist besonders stark, wenn der Conduktor mit positiver Elektricität beladen ist. Die Lichtbüschel der negativen Elektricität sind merklich schwächer. In theoretischer Beziehung ist diese Beobachtung wichtig, weil sie zeigt, daß zwischen der Wärme und Elektricität, welche man in Beziehung auf die Abstoßung ihrer Theile als analog ansicht, ein großer Unterschied vorhanden ist. Spitze Wärmeleiter strömen nicht in der Art Wärme aus, wie Elektricitätsleiter Electricität. — Von diesem Ausströmen der Elektricität, welches man am Tage nicht sieht, kann man sich auch überzeugen, wenn man mit dem Gesicht sich einer elektrischen Spitze nähert. Man fühlt dann Etwas gegen das Gesicht sich bewegen, was man mit dem Gefühl verglichen hat, wenn man mit dem Gesicht in Spinngewebe fährt.

Ueber die Dauer des elektrischen Funkens und somit über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit derselben in Kupferdraht sind neuerdings von Wheatstone höchst bemerkenswerthe Versuche angestellt worden.

Die Ergebnisse derselben, welche dargethan haben, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität in guten Leitern noch die des Lichtes übertrifft, sind eben so erstaunungswürdig der Sache nach, als darin, daß es der Physik möglich geworden ist eine solche Bestimmung zu Stande zu bringen. — Wenn wir uns einen Körper vorstellen, der mit einer gewissen Geschwindigkeit einen Weg durchläuft, so können wir die Frage aufstellen, wie groß die Dauer sey, mit welcher er an irgend einem Ort seiner Bahn verweilt. Diese Aufgabe ist leicht zu lösen zumal wenn der Körper sich mit gleichförmiger Geschwin-

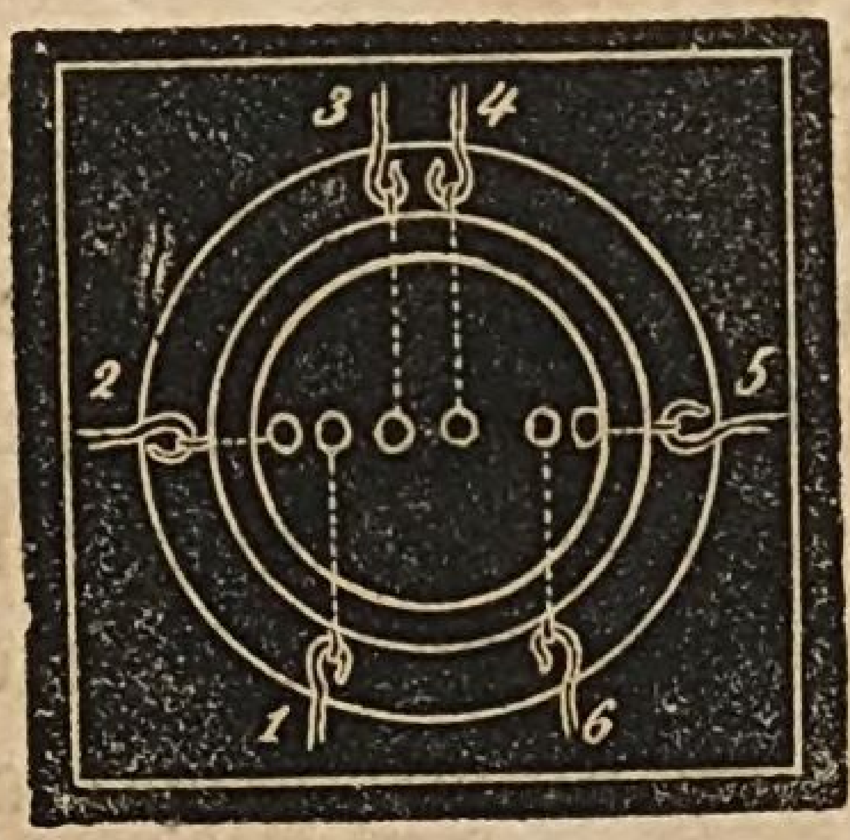
digkeit bewegt. Es ist offenbar, daß sie in umgekehrten Verhältniß der Geschwindigkeit steht. — Man denke sich nun einen Planspiegel, welcher vertikal aufgestellt ist und in dieser Lage um seine Axe herum gedreht werden kann. Vor ihm lasse man in vertikaler Richtung elektrische Funken überschlagen und drehe während dem den Spiegel schnell herum. Rücksichtlich der Geschwindigkeit des elektrischen Funkens und der Drehungsgeschwindigkeit des Spiegels können nun drei Fälle eintreten. Entweder ist die Geschwindigkeit, mit welcher der elektrische Funke überschlägt, größer als die Drehungsgeschwindigkeit des Spiegels oder sie ist eben so groß oder sie ist kleiner. Ist die Drehungsgeschwindigkeit des Spiegels gegen die Geschwindigkeit des elektrischen Funkens verschwindend klein, so wird das Auge das Bild des Funkens im Spiegel unverändert erblicken. Sind beide Geschwindigkeiten gleich groß, so wird das Bild des Funkens mit der vertikalen Richtung einen Winkel von 45° machen. Ist endlich die Geschwindigkeit des Spiegels größer als die des elektrischen Funkens, so wird der Winkel größer als 45° seyn und wird um so größer werden und sich hierdurch der horizontalen Richtung nähern, jemehr die Geschwindigkeit wächst.

Bei der Reflexion des Bildes von dem rotirenden Spiegel kommt jedoch noch ein Umstand in Betracht, welcher zuvörderst erörtert werden muß. Es sey c d ein Spiegel, a b ein bei b auffallender Lichtstrahl. Ruht der Spiegel, so wird er in derselben Richtung reflektirt, in welcher er auffällt. Fällt er also in der Richtung a b auf, so wird er in der von b a reflektirt. Wenn nun aber der Spiegel nicht ruht, sondern um seine Axe rotirt, so wird, wenn der Spiegel die Stellung e b f hat, der Lichtstrahl in der Richtung b d reflektirt, da Einfall- und Ausfallswinkel einander gleich seyn müssen. Der reflektirte Winkel wird also immer um einen gleichen Winkel dem einfallenden voraus seyn. Da nun a b d = a b c ist, so wird der reflektirte Lichtstrahl schon den ganzen Kreis durchlaufen haben, während der Spiegel erst den halben zurückgelegt hat. — Denken wir uns ferner, daß wir eine Vorrichtung besäßen, vermöge welcher successiv aber nur in sehr kleinen Zeiträumen ein Lichtstrahl auf einen ebenen Spiegel falle und daß dieser Spiegel in horizontaler Richtung fortbewegt werde, so werden wir nicht einen erleuchtenden Punkt im Spiegel erblicken, sondern eine erleuchtete Linie. Die Länge dieser erleuchteten Linie wird im geraden Verhältniß der Dauer des Lichtes und der Geschwindigkeit stehen, mit welcher der



Spiegel bewegt wird. Nehmen wir nun ferner an, daß der letztere Spiegel mit derselben Geschwindigkeit horizontal sich bewege, mit welcher der andere um seine Axe rotirt, so ist klar, daß, da der reflektirte Lichtstrahl einen ganzen Kreis beschreibt, während der Spiegel nur einen halben, die Dauer des Lichts nur halb so groß zu seyn braucht, um dieselbe Verlängerung hervorzubringen, wie auf dem horizontal bewegten.

Mittelst einer Vorrichtung von Holz, dem Funkenbrett, welche hier abgebildet ist, auf welcher sechs Kugeln von Metall in einer Linie gehörig von einander isolirt sich befinden, wurde nun nachfolgender Versuch über die Dauer des elektrischen Funkens angestellt. Die Kugeln waren $^1/_{10}''$ auseinander, wurden durch Kupferdrähte von $^1/_{15}''$ Dicke und 120′ Länge verbunden. Diese Drähte waren isolirt und parallel neben einander ausgespannt und je zwei Enden mit Ausnahme der der mittleren Drähte mit einander verbunden.



Das eine Ende war mit dem Innern einer Verstärkungsflasche verbunden, welche mit einem Conduktor in Verbindung stand, durch welche sie fortwährend geladen wurde, das andere Ende war mit dem äußeren Beleg der Flasche in Verbindung gesetzt. Die Entladung geschah fortwährend zwischen den Kugeln und die diese Entladung hervorbringende Elektricität nahm durch den Kupferdraht folgenden Weg. Die Elektrikität tritt durch den Draht 6 in die Vorrichtung, springt nach der Kugel 5 über, durchläuft $^1/_4$ englische Meile bis zur Kugel 4, springt von da nach der Kugel 3 über, durchläuft wieder $^1/_4$ Meile Draht bis zur Kugel 2, springt zur Kugel 1 über und geht von da in das äußere Beleg der Flasche. Oder von zwei Elektricitäten ausgehend muß angenommen werden, daß zu gleicher Zeit ein Funke von der Kugel 6 auf 5 und von der Kugel 1 auf 2 überspringe.

Die Vorrichtung wurde nun in einer Entfernung von 10′ in gleicher Höhe dem Rotationsspiegel gegenüber gestellt. Wäre die Dauer des elektrischen Funkens unmeßbar, so würde der Beobachter im Spiegel nur drei leuchtende Punkte gewahren. Ist sie aber meßbar, so werden sich diese in Linien verwandeln. Wird der Rotationsspiegel so schnell umgedreht, daß 50 Umdrehungen auf eine Sekunde kommen, so macht in derselben Zeit der reflektirte Lichtstrahl 100. Beträgt nun die Verlängerung des Funkens 1°, so würde die Dauer $^1/_{36000}$ ausmachen

und ist die Verlängerung des Funkens nur ein halber Grad, so würde die Dauer $^1/_{72000}$ einer Sekunde seyn. Die Rotationsgeschwindigkeit wurde dadurch gefunden, daß ein Stückchen Papier gegen den Rand des Spiegels gehalten wurde, auf welches derselbe bei jeder Umdrehung schlagen mußte. Durch die Wiederkehr des Anschlags entstand ein Ton, aus dessen Höhe die Schnelligkeit der Umdrehung gemessen werden konnte. Er erhielt jetzt einen Ton, dessen Höhe 800 Umdrehungen des Spiegels in einer Sekunde entsprach. Bei dieser Umdrehungsgeschwingkeit zeigten sich die Funken in die Länge gezogen und zwar erschien der mittlere gegen die beiden äußeren etwas vorgerückt ≡ in der hier angegebenen Richtung, wenn der Spiegel von der Rechten zur Linken gedreht wurde, hingegen ≡, wenn er in entgegengesetzter Richtung bewegt wurde. Es fand sich, daß der Vorsprung des mittleren Funkens gegen die beiden äußeren ungefähr $^1/_2{}^0$ betrug. Dieß entspricht einer Dauer von $^1/_{720}$ in einer Sekunde. Und da der Spiegel 800mal in einer Sekunde umgedreht wurde, so machte das Bild in dieser Zeit 1600 Umdrehungen, die Dauer beträgt daher 1152000 in einer Sekunde. Um diese Größe war die Elektricität, während sie durch den Draht ging, welche zu der mittleren Kugel führte, verzögert worden und da die Länge dieses $^1/_4$ M. betrug und diese Größe zugleich die Leitungsgeschwindigkeit ausdrückt, so erhalten wir die Proportion:

$1 : 1152000 = {}^1/_4 : x$, woraus

$x = 288000$ engl. Meilen oder 62000 geographische Meilen in einer Sekunde.

§. 5.

Mechanische Wirkungen der Elektricität, chemische, physiologische, Beziehungen zum Licht.

1) Man kann ihre Wirkung eintheilen in eine, welche in der Richtung der Axe des Funkens stattfindet und in eine seitwärts wirkende. Fälle der ersten Art treten ein, wenn zwischen die Knöpfe eines Ausladers Isolatoren oder Halbleiter gebracht werden und der Funke einer Verstärkungsflasche genöthiget wird hindurchzuschlagen. So kann man durch Pappe, eine Scheibe von Holz, ein Spiel Karten, den Funken einer Verstärkungsflasche hindurchschlagen lassen, wenn man diese Gegenstände zwischen die Knöpfe eines allgemeinen Ausladers bringt und einen nach Verhältniß des Widerstandes starken Funken hindurchschlagen läßt. Der elektrische Funke bohrt sich ein Loch durch diese Gegen-

stände, welches um so weiter ist, je stärker der angewendete Funke war. Auch durch Glas läßt sich ein Loch bohren. Dieß gelingt am besten, wenn die Scheibe mit einer dünnen Schicht Oel überzogen ist und die Auslader in gegenüber befindlichen Spitzen sich enden. — Ich selbst habe einige hierher gehörende Versuche mit Scheiben von Körpern verschiedener Art angestellt, deren Ergebnisse ich hier anführen will.

a) Läßt man einen elektrischen Funken durch ein Stück Pappe hindurchschlagen und betrachtet das Loch von beiden Seiten, so gewahrt man an beiden Randerhöhungen, jedoch auf der Seite nach der negativen Kugel des Ausladers zu stärkere, als auf der Seite, von welcher der positive Funke herkam. Das Loch wird größer und ebenso die Randerhöhungen, wenn man nasse Pappe anwendet.

b) Zwischen den beiden Kugeln des Ausladers wurde ein Stückchen Stanniol senkrecht aufgestellt und die Kugeln damit in dichte Berührung gebracht. Es wurden hierauf elektrische Schläge einer Verstärkungsflasche von verschiedener Stärke hindurchgeführt. Das Stanniolblatt hatte durch diese elektrischen Schläge nicht die geringste Veränderung erlitten. Die beiden Kugeln wurden jetzt $1/2$ Millimeter von einander entfernt und das Stanniolblatt dazwischen gebracht. Schläge von verschiedener Stärke brachten jedesmal zwei Löcher hervor. An beiden Löchern konnte man deutlich sehen, daß sie in entgegengesetzter Richtung durchgeschlagen waren und zwar in solcher, von welcher man annimmt, daß sie die Wege der Elektricitäten bezeichnen. Es wurden die Kugeln so weit von einander entfernt, daß ihr Abstand drei Centimeter ausmachte und in der Mitte zwischen ihnen wurde senkrecht das Stanniolblatt befestiget. Hierauf wurden mehrere Verstärkungsschläge hindurchgeführt. Unter drei Versuchen dieser Art gaben zwei nur ein Loch und einer zwei dicht neben einander befindliche. Mehrere hierher gehörende Versuche befinden sich in (Pog. Annal. B. 55. S. 121) beschrieben. Sie haben mich zu folgender Ansicht über den elektrischen Funken geführt.

Der elektrische Funke ist nicht das dynamische Produkt beider Elektricitäten. Jede der beiden hat ihren eigenen Funken. Die Funken haben keine Anziehung zu einander, sondern verhalten sich gegen einander, wie elektrische Ströme, von welchen Ampère gezeigt hat, daß gleichlaufende sich anziehen, entgegengesetzt sich bewegende sich abstoßen. Fallen beide Funken in einen zusammen, wie dieß der Fall in der atmosphärischen Luft ist, so hat dieß seinen Grund in dem Widerstand, welchen das zwischen befindliche Mittel dem Funken entgegensetzt. — Diese Ansicht wird noch durch folgende Versuche begründet.

a) Zwischen die Kugeln des Ausladers wurde ein Stanniolblatt gebracht und durch dieses ein Funke durchgeschlagen. Hierauf wurde das Blatt um $1/2$ Millimeter verrückt und alsdann ein Schlag von derselben Stärke hindurchgeführt. Als das Blatt hervorgezogen wurde fand man es an zwei Stellen durchbohrt. Dasselbe Ergebniß trat ein bei jeder Verrückung des Blattes. Es hatte demnach das Blatt dem elektrischen Funken keinen Widerstand geleistet. Es war überall durchschlagen worden, wo das Blatt die Kugeln berührt hatte.

b) Es wurde nun ein Kartenblatt von 0,6 Millimeter Dicke angewendet und ein Funke der Verstärkungsflasche hindurchgeschlagen. Hierauf wurde es um 1 Millimeter verschoben und ein Schlag von gleicher Stärke hindurchgeführt. Als das Blatt herausgenommen wurde, fand man es blos an einer Stelle durchlöchert. Demnach hatte der zweite elektrische Funke kein neues Loch durchschlagen, sondern hatte einen Umweg gemacht und war durch das bereits vorhandene durchgegangen. — Dieser Versuch wurde mit Pappscheiben von verschiedener Stärke wiederholt. Hierbei zeigte es sich, daß die Entfernungen von dem ersten Loch um so größer genommen werden konnte, je stärker die Pappe war oder je größer der Widerstand war, welche die Pappe dem Durchbohren leistete.

Um die Randerhöhungen zu erklären, welche an dem Loch beobachtet wurde, welches die Elektricität durch Pappe geschlagen hatte, muß ich folgenden Versuch erwähnen. — Bringt man die Kugeln des Ausladers dicht über die Oberfläche von Wasser und nähert, nachdem der eine Theil in Verbindung mit dem äußeren Beleg gebracht worden ist, den anderen mittelst der Kette dem Knopf der geladenen Flasche, so sieht man, noch bevor der Schlag erfolgt, wie das Wasser sich unter dem positiven Knopf hebt und in Folge von Anziehung sich hin und her bewegt. Auch unter dem negativen Knopf bemerkt man eine ähnliche Anziehung, obwohl schwächer. Eben so werden, wenn man auf eine Glastafel Schwefelblumen streut, diese von der positiven Kugel angezogen und Theile von Mennige angezogen, welche man unter die negative Kugel des Ausladers bringt; letztere Anziehung ist jedoch schwächer.

Aus diesen Versuchen geht nun mit Einleuchtenheit hervor, daß, bevor der Durchgang geschieht, die Theile, welche sich auf der Oberfläche der Pappscheibe befinden, angezogen und hierdurch die Stelle aufgelockert wird, worauf dann an dieser verhältnißmäßig dünner gewordenen Stelle der Durchschlag geschieht. Die Randerhöhungen sind, dieser Ansicht zu Folge, nicht durch die in entgegengesetzter Richtung

wirkenden elektrischen Funken hervorgebracht, sondern sie sind die Wirkungen der Anziehung beider Elektricitäten auf die Papptheile, bevor der Durchschlag geschieht.

Die seitwärtsgehende Wirkung des elektrischen Funkens hat ihren Grund hauptsächlich in dem Raum, welchen der elektrische Funke zu seinem Bestand gebraucht. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man in eine Glasröhre, welche oben geschlossen und mit der unteren Oeffnung in eine Flüssigkeit taucht, elektrische Funken durchschlagen läßt. Man wird jetzt finden, daß im Moment des Durchschlagens das Sperrungsmittel heruntergedrückt wird. Dieß auf die Seitedrängen der Theile des Mittels, durch welche der elektrische Funke hindurchschlägt, geschieht mit einer ganz außerordentlichen Gewalt. Eine mit zwei Stöpseln geschlossene im Innern ganz mit Wasser gefüllte Glasröhre, in welche durch die Stöpsel bis auf einen geringen Abstand zwei Drähte gesteckt sind, wird zersplittert, sobald sie mit einer Verstärkungsflasche so verbunden wird, daß im Wasser zwischen den Enden der Drähte ein Funke überschlagen muß. Durch dieselbe Kraft lassen sich auch kleine Kugeln aus Mörser werfen, welche so eingerichtet sind, daß unter der Kugel ein Raum sich befindet, durch welchen ein elektrischer Funke hindurchschlägt und die darin befindliche Luft schnell ausdehnt.

Beccaria ließ einen Schlag durch einen Tropfen Wasser gehen, der sich in der Mitte einer soliden Glaskugel von 2″ Durchmesser zwischen zwei Drahtspitzen befand. Die Kugel wurde in Folge der Ausdehnung des Wassers durch die Elektricität mit großer Heftigkeit zertrümmert.

Läßt man einen starken elektrischen Funken durch einen frei liegenden Metalldraht hindurchgehen, so wird er verkürzt, indem er in die Breite ausgedehnt wird. Ist er hingegen gespannt, so verlängert er sich beim Hindurchschlagen des Funkens. In dem Maaße als der Funke stark und der Draht dünn ist, erwärmt er sich. Durch stärkere Elektricitäten steigert sich die Erwärmung so sehr, daß hohe Hitzgrade entstehen. Drähte können hierdurch zum Glühen gebracht, geschmolzen, verbrannt und selbst zu Dampf aufgelöst werden. Zu diesen Versuchen eignen sich besonders Drähte von Eisen, Zinn und Kupfer. Von Zinn können dünne Stanniolstreifen angewendet werden.

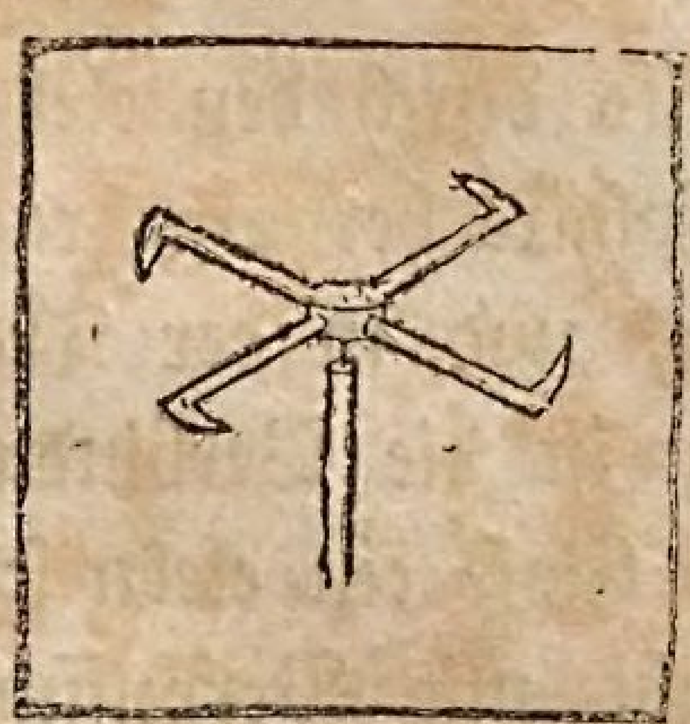
Auch können Streifen von Gold= oder Silberblatt durch den elektrischen Funken geschmolzen werden. Stellt man diesen Versuch in der Art an, daß sich das Blatt zwischen zwei Glasplatten befindet, welche mit einer kleinen Presse gegen einander gedrückt sind, so wird

es durch den elektrischen Funken in das Glas eingeschmolzen. Hierbei werden zugleich die Glasscheiben zertrümmert. Legt man einen Gold- oder Silberstreifen auf Papier und verbrennt ihn durch den elektrischen Funken, so bleibt im ersten Fall ein purpurner Streifen im letzteren ein grauer zurück.

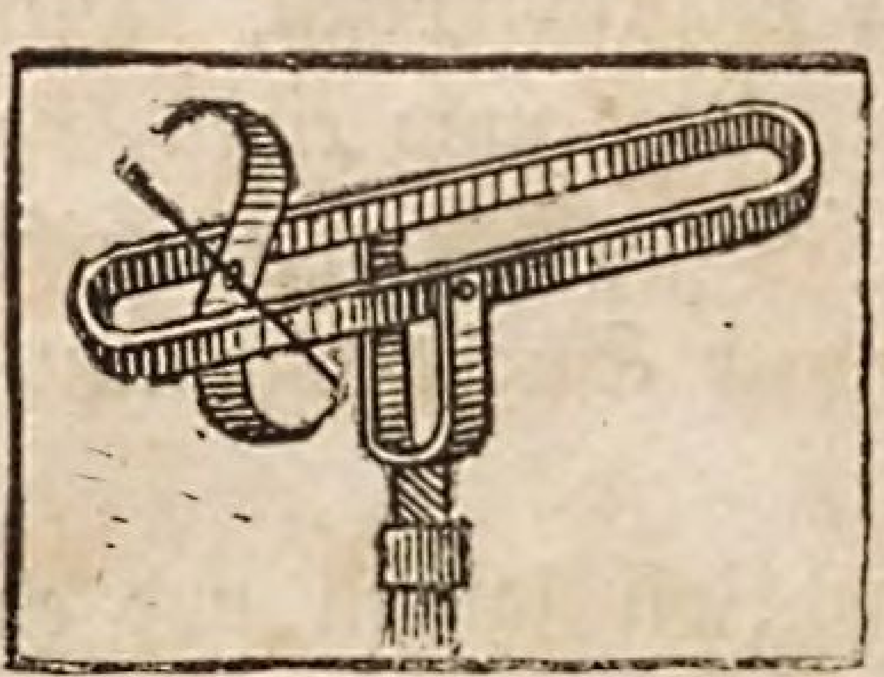
Man bohre in die Enden eines halben Zoll langen und einen Viertelzoll dicken Holzstücks zwei Löcher und stecke in ein jedes einen Draht, so daß die Enden der beiden Drähte im Innern des Holzes etwas weniger als einen Viertelzoll auseinander sind. Läßt man jetzt eine starke Ladung durch das Holz gehen, so wird es mit Heftigkeit gespalten. — So sucht sich die Elektricität überall Platz zu machen und es ist noch kein Körper aufgefunden worden, dessen Cohäsionskraft im Stande gewesen wäre der elektrischen Ausdehnungskraft zu widerstehen.

Zu den mechanischen Wirkungen sind auch noch die zu zählen, welche neuerdings Abria am Entladungsfunken beobachtet hat. Er ließ nämlich über einer Tafel, auf welcher feine Kreide gepulvert war, in einiger Entfernung Funken schlagen. Es zeigten sich Linien im Kreidepulver zu beiden Seiten der Metallspitzen, zwischen welchen der Funke übergeschlagen war, sie hatten sich regelmäßig gegen die Projektion des Weges gruppirt, den der Funke genommen hatte. Auch mit anderen Pulvern wie von Holz, Glas und Metall konnten gleiche Wirkungen erhalten werden, nur mußten die Funken um so stärker angewendet werden, je dichter die Pulver waren.

Eine bemerkenswerthe Erscheinung, welche ebenfalls zu den mechanischen Wirkungen der Elektricität zu rechnen ist, ist die drehende Bewegung des elektrischen Schwungrades. Es besteht dieß aus einem in der Form eines S ausgeschnittenen Metallbleches oder auch aus einem Rädchen mit vier Spitzen, wie Figur zeigt, welches im Mittelpunkt auf einer Metallspitze schwebend erhaltend wird. Wird ein solches Rädchen mit dem Conduktor der Maschine in leitende Verbindung gesetzt, so strömt Elektricität aus den Spitzen aus und es dreht sich in der entgegengesetzten Richtung um, in welcher die Elektricität ausströmt. — Hinsichtlich der Richtung, in welcher das Rädchen sich dreht, ist es einerlei, ob dasselbe mit positiver oder negativer Elektricität beladen ist.



Eine andere Vorrichtung, bei welcher ebenfalls durch ausströmende Elektricität eine Bewegung hervorgebracht wird, giebt die



Figur. Auf einem etwas schräg befestigten ovalen Ring von Metallblech befindet sich ein zu einem S ausgeschnittenes Metallblech, welches mittelst eines Drahtes, welcher durch seinen Mittelpunkt geht, auf das Oval gelegt worden ist. Bringt man nun diese Vorrichtung, welche isolirt sein muß, mit dem Conduktor einer Maschine in Verbindung, so strömt Elektricität aus den Spitzen des S und es dreht sich nun in Folge dieser Ausströmung in entgegengesetzter Richtung, in welcher sie ausströmt. Die hierdurch hervorgebrachte Bewegung hat so viel Kraft, daß das metallene s einer schiefen Ebene hinauf bewegt werden kann.

Wenn man Wasser aus der feinen Oeffnung einer zu einer Spitze ausgezogenen Heberröhre von Glas auslaufen läßt, so wird sich dieser Strahl sogleich in einen Kegel sprühenden Wassers, dessen Spitze die Oeffnung des Hebers ist, verwandeln, wenn das Wasser elektrisirt wird. Man verbindet es zu diesem Zweck mit dem Conduktor einer Glasscheibenmaschine. Die Theile des Wassers verhalten sich hier gerade so wie die Goldblätter in einem Elektrometer. Im Dunkeln sieht man diesen Kegel leuchten. — Mit dieser Erscheinung steht offenbar eine Beobachtung in Verbindung, welche man oft Gelegenheit hat, bei Gewittern zu beobachten. Es ist eine hinlänglich bekannte Thatsache, daß nach einem Blitzschlag der Regen stärker strömt, als vorher. Dieß rührt offenbar daher, daß vor dem Blitzschlag eine größere Menge Elektricität in der Luft verbreitet ist, welche eine größere Expansion der Wassertheile bewirkt. Nach dem Blitzschlag ist die Elektricitätsmenge vermindert, hierdurch auch die Expansion, was nun zur Folge hat, daß die kleineren Wassertheile zu größeren zusammentreten und in Tropfen sich ergießen.

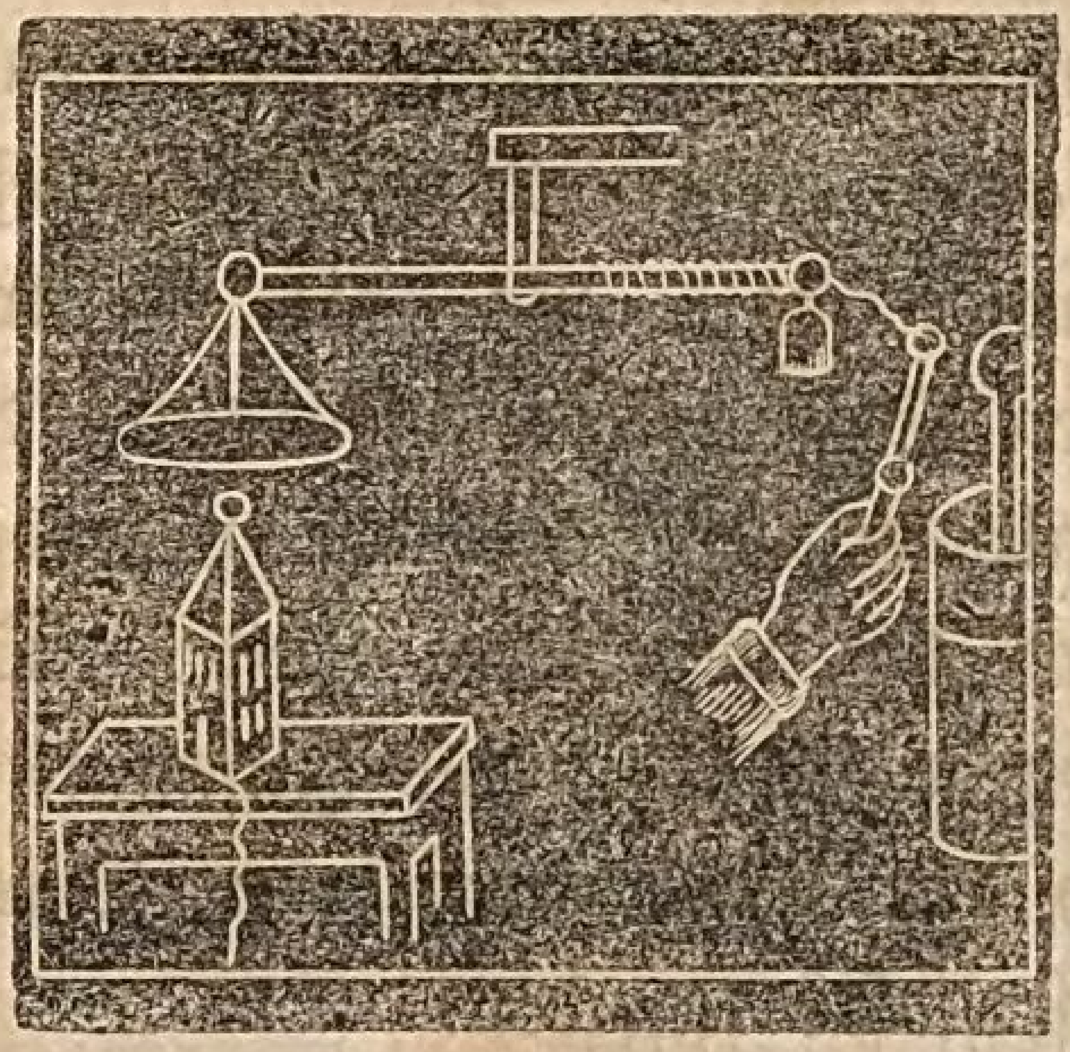
2) Chemische Wirkungen. Diese werden theils durch den elektrischen Funken, theils durch die elektrische Wirkungssphäre hervorgebracht. Sie bestehen in der Vereinigung getrennter Stoffe, und in der Trennung verbundener. Die bekannteste Vereinigung ist die Verbindung von Wasserstoff mit Sauerstoff, wenn durch beide Gase ein elektrischer Funke hindurchschlägt. Die Vereinigung geschieht mit Verpuffung. Sind beide in dem Verhältniß in dem Gasgemisch, in welchem sie sich zu Wasser vereinigen, nämlich zwei Raumtheile Wasserstoffgas auf einem Raumtheil Sauerstoffgas, so bleibt kein Gas übrig, beide vereinigen sich zu Wasser, welches im ersten Moment durch die Hitze zu Gas expandirt ist, hierauf aber sich als tropfbarflüssiges Wasser nie-

derschlägt. Da die Vereinigung der beiden Gase stets in einem bestimmten Verhältniß geschieht, so ist die Verbindung derselben durch den elektrischen Funken zur Gründung eines Instruments zur Untersuchung der atmosphärischen Luft, nämlich des Eudiometers benutzt worden. Es besteht dasselbe in einer Glasröhre, welche an der einen Seite verschlossen und mit einer Eintheilung versehen ist. In der Nähe des verschlossenen Endes sind zwei Platindrähte durch das Glas hindurchgeführt, welche innerhalb desselben etwas von einander abstehen, so daß von dem einen zum anderen ein elektrischer Funke überschlagen kann. Man bringt nun zuvörderst, am besten über Quecksilber, eine gewisse Menge atmosphärische Luft in die Röhre, hierauf setzt man hierzu eine verhältnißmäßige Menge Wasserstoffgas und entzündet das Gemenge mittelst des elektrischen Funkens, den man von einem Draht zum andern mittelst einer kleinen Verstärkungsflasche überschlagen läßt. Man hat nach der Verpuffung mit Berücksichtigung der gewöhnlichen Vorsichtsmaßregeln nun nichts mehr nöthig, als das verschwundene Gasvolumen durch drei zu dividiren, um die Menge des in der angewendeten Menge atmosphärischer Luft enthalten gewesenen Sauerstoffgases zu finden. — Ein artiger Versuch, welcher ebenfalls auf der Vereinigung dieser beiden Gasarten durch den elektrischen Funken beruht, wird mittelst der elektrischen Pistole angestellt. Sie ist eine Röhre von Blech, in deren Innerem sich ein isolirter Metalldraht befindet, der nicht weit von dem Rand absteht, so daß ein elektrischer Funke vom Draht zur Wand überschlagen kann. — Die einfachste Art diese Pistolen mit einem Gemenge von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas zu laden, besteht darin ihre Oeffnung über ein Glas zu halten, in welchem durch Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure auf Zink Wasserstoffgas entwickelt wird. Vermöge der Leichtigkeit dieses Gases dringt es in den inneren Raum der Pistole und mengt sich mit der darin befindlichen atmosphärischen Luft. Nachdem man die Oeffnung der Pistole eine Zeit lang über das sich entwickelnde Gas gehalten hat, verstöpselt man sie und hält nun das äußere Knöpfchen, welches das Ende, des nach Innen gehenden Drahtes macht, gegen den Conduktor einer Elektrisirmaschine. Der Funke schlägt zugleich von Außen und von Innen über und entzündet das Gasgemenge. Der hierbei bei hoher Temperatur entstehende Wasserdampf treibt vermöge seiner Elasticität den Stöpsel der Pistole mit Knall heraus. — Man hat hierbei die Beobachtung gemacht, daß das Gas sich leichter entzündet, wenn die Pistole offen gelassen wird, als wenn sie durch den Stöpsel verschlossen ist.

Auch das Wasser kann durch den elektrischen Funken zerlegt werden. Man bringt zwei Drähte in Wasser und läßt ihre Enden in einer gewissen Entfernung von einander abstehen. Läßt man jetzt von dem einen zum anderen Ende einen elektrischen Funken überschlagen, so entwickelt sich Gas, welches sich bei der Untersuchung als Knallgas ergiebt. Bei der Vergleichung der Zersetzung des Wassers durch den elektrischen Funken mit der, welche durch die Berührungselektricität hervorgebracht wird, ist es im ersten Augenblick auffallend, daß verhältnißmäßig durch den elektrischen Funken, so sehr wenig Wasser zersetzt wird. Dieß Auffallende verliert sich jedoch, wenn man bedenkt, daß der Funke eine in einem außerordentlich kleinen Zeitmoment wirkende Kraft ist, die Berührungselektricität hingegen eine dauernde Wirkung ausübt. Durch eine richtige Auffassung dieser Beziehung ist es gelungen, eine Einrichtung zu treffen, mittelst welcher die Reibungselektricität kräftiger zersetzend auf das Wasser gemacht werden kann. Dieß geschieht dadurch, daß man sehr feine Metalldrähte in feine Glasröhren bringt, diese damit zusammenschmilzt und ihre Enden abschleift. Man bringt sie nun dergestalt ins Wasser, daß ihre beiden Enden ohngefähr nur eine halbe Linie von einander abstehen. Verbindet man jetzt die außer dem Wasser befindlichen Enden mit den Belegen einer Flasche, so entladet sich die Elektricität durch das Wasser. Sie ist jedoch unter den vorhandenen Umständen gezwungen nur langsam durch dasselbe zu gehen und hat daher mehr Zeit darauf einzuwirken.

Mehrere brennbare Körper, wie Schwefeläther, Phosphor können durch den elektrischen Funken entzündet werden, schwieriger Weingeist. Doch entzündet dieser sich ebenfalls leicht, wenn er vorher erwärmt wurde. Es ist daher wohl anzunehmen, daß das Gemenge von den Dämpfen dieser Flüssigkeiten mit der atmosphärischen Luft es ist, welches zuerst entzündet wird, deren Entzündung sich dann den Flüssigkeiten mittheilt. — Auch der Dampf organischer Körper, welche brannten, deren Flamme schnell zum Erlöschen gebracht wurde, kann durch den elektrischen Funken entzündet werden. So kann man ein Talglicht wieder zum Brennen bringen, wenn man einen elektrischen Funken durch den Dampf der Schnupfe schlagen läßt. Eben so kann Kampher, den man entzündet und wieder ausgeblasen hat, durch den elektrischen Funken, welchen man durch seinen Dampf schlagen läßt, entzündet werden.

Einer der schönsten elektrischen Versuche ist der des Einschlagens und Entzündens des Modells eines Hauses durch den elektrischen Funken. An einem metallenen Wagbalken ist eine mit Stanniol überzogene Pappscheibe angehängt und damit leitend verbunden. Unter



der Scheibe befindet sich das Modell eines Hauses, dessen Spitze mit einem metallenen Knopf versehen ist. Von diesem Knopf geht ein Leitungsdraht herab und endet in der Mitte über einer metallenen Schale, in welcher etwas Schwefeläther gegossen wird. Die metallene Schale ist durch einen Leitungsdraht mit dem äußeren Beleg einer leidner Flasche verbunden. Diese ist hier zur rechten Seite abgebildet. So wie man die leitende Verbindung des Knopfs der Flasche mit dem Wagbalken herstellt, senkt sich die Scheibe über den Knopf des Häuschens und es schlägt ein Funke über. Dieser Funke schlägt im Innern des Häuschens von dem Ende des Drahtes nach der Wand der metallenen Schale und entzündet so den Schwefeläther. — Man kann zur Entzündung auch Baumwolle nehmen, nachdem sie vorher mit Colophoniumpulver bestreut worden ist. Doch mißglückt der Versuch hiermit leichter als mit Schwefeläther. — Versuche über die Entzündung brennbarer Körper durch den elektrischen Funken stimmen sämmtlich darin überein, daß die Entzündung derselben nicht als eine solche im gewöhnlichen Sinne zu nehmen ist. In dieser Beziehung ist das Verhalten des Schießpulvers gegen den elektrischen Funken sehr belehrend. Läßt man einen elektrischen Funken durch Schießpulver hindurchschlagen, so zerstreut er dasselbe ohne es zu entzünden. Selbst der stärkste Batteriefunken entzündet es nicht. Man kann jedoch leicht die Entzündung bewerkstelligen, wenn man die metallene Leitung unterbricht und die Elektricität ein Stück ihres Weges durch einen nassen Bindfaden gehen läßt. Weniger gut gelingt es, wenn man die Elektricität durch eine mit Wasser gefüllte Röhre gehen läßt. Es ist ferner bemerkenswerth, daß selbst der stärkste elektrische Funke den Zündschwamm durchlöchert aber nicht entzündet. Man soll ihm jedoch entzünden können, wenn man ihn zu einer feinen Spitze gedreht gegen das Innere einer geladenen Flasche hält. — Knallsilber kann durch den elektrischen Funken leicht zur Verpuffung gebracht werden. Funken, welche durch die atmosphärische Luft hindurchschlagen, erzeugen in derselben Salpetersäure. Wird dieser Versuch in einer Glocke vorgenommen, welche mit einer Auflösung von Kali gesperrt ist, so findet man nachher in der Kalilösung, salpetersaures Kali. Legt man zwei feuchte Stückchen Reagenzpapier, das eine getränkt mit Lakmustinktur, das andere mit Curcumätinktur zu=

sammen und bringt zwei Platindrähte damit in Berührung, durch welche man Elektricität leitet, so röthet sich, wenn die Elektricität in den Draht tritt an der positiven Seite das Lakmuspapier an der Berührungsstelle und es bräunt sich das Curcumäpapier da, wo die Elektricität wieder austritt oder an der negativen Seite. Diese Färbung der Papiere entsteht durch Bildung von Salpetersäure auf der positiven und durch Bildung von Ammoniak auf der negativen Seite. Die Möglichkeit der Bildung dieser beiden Körper ist durch die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft, nämlich des darin enthaltenen Stickstoffgases, Sauerstoffgases und des Wassergases gegeben.

Ein besonders empfindliches Reagenz für Elektricität ist neuerdings in dem Gemisch von Jodkalium und Stärke aufgefunden worden. Bringt man in ein Gemenge hiervon zwei Platindrähte, wovon der eine als Ableitung zum Fußboden dient, der andere zugespitzt und dem Conduktor einer Elektrisirmaschine zugekehrt ist, so wird die Spitze dieses Drahtes Elektricität einsaugen und es wird am anderen Ende eine Schwärzung entstehen. Diese Schwärzung hat ihren Grund in einer durch die Elektricität bewirkten Zersetzung des Jodkalium, welche ein Austreten des Jods an der Platinspitze und hierdurch Schwärzung der Stärke zur Folge hat. — Ein lehrreicher Versuch über die zersetzende Wirkung der Elektricität ist neuerdings von Rieß angestellt worden und hat die von ihm genannten elektrolytischen Bilder begründet. Um diese hervorzubringen legt man auf ein mit Jodkaliumlösung getränktes Papier in noch feuchtem Zustande, welches auf einer Metallfläche liegt, ein dünnes Glimmerblättchen und hierauf eine in einem leitenden Körper gravirte Zeichnung, z. B. ein metallenes Pettschaft und bringt dieß mit dem Conduktor einer Elektrisirmaschine in Verbindung, während die unter dem Papier befindliche Metallfläche abgeleitet wird. Durch die vertheilende Wirkung der Elektricität wird jetzt auf der dem Papier zugekehrten Seite des Glimmers Elektricität frei, welche nun eine Zersetzung des Jodkaliums zur Folge hat, welche den Erhabenheiten der Zeichnung entspricht.

3) Physiologische Wirkungen. Läßt man die Elektricität aus einer Spitze ausströmen, so gewahrt man einen eigenthümlichen Geruch, welcher an dem des Phosphors erinnert. Es ist dieser neuerdings Gegenstand einer besonderen Untersuchung geworden, welche von Schönbein angestellt wurde. Er ist der Meinung, daß demselben ein besonderes Wesen das Ozon zu Grunde liege, wovon in dem Abschnitte über die Hydroëlektrik die Rede seyn wird.

Bei Weitem wichtiger sind die Wirkungen, welche der Körper

erhält, wenn man ihn zum Leiter starker elektrischer Funken macht. Die Erschütterungen sind bekannt, welche der menschliche Körper erleidet, wenn man ihn als Entlader einer Verstärkungsflasche gebraucht. Es können starke Schläge dieser Art sowohl in thierischen als vegetabilischen Körpern das Leben vernichten. Ritter fand, daß man Weidenästen durch starke elektrische Schläge das Leben entziehen könne.

Man hat sich hierdurch veranlaßt gefunden die Elektricität als Heilmittel anzuwenden. Man wendet sie in allen den Fällen an, wo Lähmungen, Stockungen und Beschwerden ähnlicher Art stattfinden. Es hat sich hierbei herausgestellt, daß rasche Schläge weniger heilsam sind, als das fortwährende Ausziehen kleiner Funken aus dem Körper. Um diese zu erhalten, läßt man die zu elektrisirende Person auf einen Isolirschemel sitzen und bringt sie durch eine Kette mit dem Conduktor der Maschine in leitende Verbindung. Hierauf wird auf den kranken Theil des Körpers ein Stück Flanell gelegt und aus diesem durch eine zweite Person, welche die Oberfläche desselben berührt, Funken gezogen.

In Betreff des Einflusses, welchen anhaltendes Elektrisiren auf den menschlichen Körper ausübt, hat man die Beobachtung gemacht, daß derselbe sich nicht an diese Wirkung gewöhnt, sondern im Gegentheil empfindlicher für diesen Reiz wird. Dasselbe hat man auch an Menschen beobachtet, welche vom Blitz getroffen aber nicht getödtet wurden. Als Folge des Schlages behielten sie eine große Reizbarkeit des Nervensystems und hierdurch eine große Empfindlichkeit gegen elektrische Funken. Sie geriethen hierdurch bei herannahenden Gewittern in einen Zustand von Bangigkeit.

Man hat folgende Erscheinungen bei den durch den Blitz Erschlagenen beobachtet. Die Verletzungen, welche der Blitz hervorbringt, betreffen mehr die äußeren als die inneren Theile. Er nimmt stets den kürzesten Weg von dem Funken des Einschlagens bis zu dem, wo er in die Erde fährt, ohne hierbei nach der Lage der Knochen oder Adern oder Nerven sich zu richten. Die Verletzungen sind am stärksten da, wo der Blitz den Körper trifft und wo er ihn wieder verläßt. Die schwarzen Streifen, welche man an der Oberfläche der Erschlagenen beobachtet, scheinen Brandflecken zu seyn.

Die trockene Haut wird durch Reiben mit idioelektrischen Körpern, elektrisch. Durch Kämmen können trockene Haare elektrisch werden. Und noch mehr wird Pelzwerk durch Reiben mit idioelektrischen Kör-

pern, elektrisch. Vorzüglich soll das Pelzwerk der Thiere des Nordens durch Reiben elektrisch werden.

Von allen Theilen des Körpers scheinen die Nerven am meisten von der Elektricität erregt zu werden. Die Folgen einer durch den Körper gehenden elektrischen Ladung werden längst dem Zuge der Nerven am meisten bemerkt. Wenn die Ladung einer Batterie durch den Kopf eines Vogels geführt wird, so wird stets seine Sehnerve verletzt oder zerstört. Singer erzählt, daß, als er einst einen heftigen elektrischen Schlag am Kopf erhielt, er die Empfindung eines allgemeinen Schlags gehabt habe mit einem vorübergehenden Verlust des Gedächtnisses und begleitet mit einem undeutlichen Sehen, ohne daß jedoch ein Uebel dauernd geblieben wäre. Morgan erzählt, daß, wenn das Zwergfell durch eine Kette mit einem elektrischen Verstärkungsapparat in Verbindung gesetzt wird, nach Stärke der Ladung, eine plötzliche Anstrengung der Lungen entsteht, auf die ein lautes Geschrei folgt. Geringe Ladung bringt immer ein heftiges Lachen hervor. Dieß soll auch bei solchen Personen eintreten, welche sonst nicht zum Lachen geneigt sind. Bei einer starken Ladung, welcher das Zwergfell ausgesetzt wurde, war die erste Wirkung unwillkürlche Seufzer und Thränen und zuweilen Anfälle von Ohnmacht. — Wird eine Ladung durch das Rückgrath geführt, so entsteht eine solche Kraftlosigkeit in den unteren Extremitäten, daß aufrechtstehende Personen zuweilen auf die Kniee oder ganz zu Boden sinken.

4) Beziehungen der Elektricität zum Licht. In dieser Hinsicht ist zuvörderst anzuführen, daß der elektrische Funke alle prismatischen Farben enthält und sich daher nicht von dem Tageslicht unterscheidet. Auch lassen sich die verschiedenen Farben durch dazwischen gehaltene Mittel von einander trennen. — Läßt man einen elektrischen Funken durch einen langen und dünnen Silberdraht gehen, so wird die Oberfläche desselben bei einer gewissen Stärke der Ladung leuchten. — Auf die Farbe der Funken üben auch die Körper Einfluß, aus welchen sie erhalten werden. So haben Funken, welche man aus Kugeln von Holz oder Elfenbein auszieht, eine carmoisinrothe Farbe, die von der Oberfläche von versilbertem Leder sind glänzend grün, ein über Kohlenpulver fahrender Funke ist gelb und die von unvollkommenen Leitern erhaltenen haben einen purpurfarbenen Anstrich.

Sehr merkwürdig ist die Eigenschaft des elektrischen Funkens in einem höheren Grade die Phosphorescenz der durch Insolation leuchtenden Phosphore hervorzubringen, als gewöhnliches Licht es vermag. Man kann sich hiervon überzeugen, wenn man elektrische Funken über

natürliche oder künstliche Phosphore dieser Art hinwegschlagen läßt. Sogleich nachdem der Funke übergeschlagen ist, leuchten sie stark mit ihrem eigenthümlichen Lichte. Das elektrische Licht zeigt sich darin analog dem Tageslicht, daß blaues Glas, womit man die Phosphore bedeckt, die phosphorescirende Wirkung des Funkens hindurchlassen, hingegen nicht rothes Glas. Doch sollen nach Versuchen von Becquerel Bergkrystall und krystallisirter Gyps die phosphorescirenden Strahlen leichter durchlassen als Glas.

Ein sehr schöner Versuch über das elektrische Licht ist folgender. Wenn man einen Farbenkreisel, d. i. eine um seine Axe drehbare Scheibe, auf welcher die sieben prismatischen Farben aufgetragen sind, schnell herumdreht, so sieht man keine Farben mehr, sondern die Scheibe erscheint grau. Erleuchtet man aber die Scheibe, während sie herumgedreht wird, durch den elektrischen Funken, so sieht man jede einzelne Farbe. Der Grund dieser Erscheinung ist offenbar kein anderer als der, daß die Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe gegen die Geschwindigkeit des elektrischen Funkens eine ganz verschwindende ist. Es ist daher gerade so als ob die Scheibe ruhte. — Um die Ergebnisse der neuesten Versuche über die Beziehungen der Elektricität zur Wärme zu verstehen, müssen wir den Leser erst mit der gegenwärtigen mathematischen Behandlung der elektrischen Erscheinungen oder mit deren Mechanik bekannt machen.

§. 6.

Mechanik der elektrischen Erscheinungen, Wärme und Reibungselektricität, elektrische Mittheilung.

1) Die erste Frage, welche bei Begründung einer Mechanik der elektrischen Erscheinungen in Betracht kommt, dürfte offenbar keine andere als die seyn, wie verhalten sich die auf der Oberfläche von Leitern befindlichen Elektricitäten im luftleeren Raum. Das Bestreben der statischen Elektricität die guten Leiter zu verlassen und sich einen Weg durch die Isolatoren hindurch zu bahnen, hat lange Zeit zu der Ansicht Veranlassung gegeben, daß die Elektricität auf der Oberfläche der Leiter durch den atmosphärischen Druck zurückgehalten werde. Dieß ist jedoch nicht richtig. Harris hat nämlich gezeigt, daß die Körper im luftleeren Raum ebenso langsam ihre Elektricität verlieren, wie im lufterfüllten, wenn die elektrisirten Leiter in hinreichender Entfernung von allen Leitern der Elektricität sich befinden. Es bezieht sich dieser Satz jedoch nur auf die Verbreitung von ein und derselben Elektricität.

Hingegen ist so viel richtig, daß in dem luftleeren Raum die Vereinigung der beiden entgegengesetzten Elektricitäten viel leichter von statten geht, als in einem mit Luft erfüllten.

Nur bei einem Leiter, welcher Kugelform hat, ist die darauf verbreitete Elektricität überall von gleicher Dichtigkeit. Werden zwei gleich große Kugeln, welche aus Leitern bestehen und isolirt sind, elektrisirt und neben einander gestellt, so stoßen sich ihre Elektricitäten ab und die geringste Dichtigkeit wird da seyn, wo sie einander gegenüber stehen, die größte an den beiden Punkten, welche am entferntesten von einander sind. Es wurde bereits bemerkt, wie die Dichtigkeit der Elektricität auf einem Cylinder nach seinen beiden Enden zunimmt. An einer kreisförmigen Scheibe ist die Dichtigkeit am Rand am größten. Bei einem Kegel ist die Dichtigkeit der Elektricität an der Spitze am stärksten. Es erklärt sich hieraus, warum die Elektricität aus Spitzen so leicht ausströmt, denn offenbar muß die Repulsion der Theile der Elektricität in dem Maaß zu nehmen, in welchem die Dichtigkeit zunimmt.

Die anziehende Kraft der Elektricität eines Conduktors ist schon in ziemlicher Entfernung bemerkbar. Der Abstand, in welcher die Anziehung ungleichartiger und die Abstoßung gleichartiger Elektricitäten gemerkbar wird, ist der Halbmesser der elektrischen Wirkungssphäre.

Unter den Thatsachen, welche als Anhaltspunkte zur mathematischen Behandlung der elektrischen Erscheinungen angeführt werden können, ist offenbar die von Lane aufgefundene anzuführen. Er fand, daß die Schlagweite einer elektrischen Flasche im geraden Verhältniß zur Quantität der in ihr angehäuften Elektricität steht, d. h. wenn eine gewisse Quantität Elektricität in einer Flasche angesammelt bei der Selbstentladung den Zwischenraum 1 durchbricht, so muß die Quantität verdoppelt werden, wenn die Elektricität den doppelten Raum durchschlagen soll.

Die Dichtigkeit der Elektricität bestimmt sich durch das Verhältniß der Menge zur Oberfläche des Leiters. Bedeutet s die Oberfläche des Körpers, q die darauf befindliche Elektricitätsmenge, so ist $\frac{q}{s}$ die Dichtigkeit der Elektricität. Die Wirkungen der Elektricität sind proportinal $\frac{q}{s}$. Ihre Intensität steht im geraden Verhältniß der Dichtigkeit. Offenbar hat die Spitze eines Leiters eine größere Intensität, als die Fläche. Tension, Spannung, Repulsion sind Funktionen von $\frac{q}{s}$, welche entweder $\left(\frac{q}{s}\right)^2$ oder f $\left(\frac{q}{s}\right)$ seyn kann. Die Schlagweite hängt von der Dichtigkeit der Elektricität ab und da diese auf der Oberfläche eines Leiters verschieden groß seyn kann, so müssen wir

$\frac{s}{q}$ noch mit einer Größe multipliziren, um die Dichtigkeit zu erhalten, welche der jedesmaligen Schlagweite entspricht. Wir erhalten daher den Ausdruck $\varphi\left(\frac{q}{s}\right)$.

Gebundene Elektricität. Nähert man einem mit freier Elektricität geladenen Leiter einen andern im gewöhnlichen Zustand sich befindenden, so wird die Elektricität desselben vertheilt und die freie entgegengesetzte dem ersten Leiter gegenüber befindliche Elektricität wirkt bindend auf diese. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man den ersten mit freier Elektricität beladenen Leiter mit einem Markkügelchen-Elektrometer verbindet. Diese werden vermöge der freien Elektricität des ersten Leiters divergiren. So wie man ihm aber den zweiten Leiter nähert, wird sich die Divergenz derselben vermindern, entfernt man ihn, so gehen sie wieder auseinander oder ihre Divergenz wächst. Man sieht hier deutlich, wie die beiden entgegengesetzten Elektricitäten spannend oder wie man sich besser noch ausdrücken kann, bindend aufeinander wirken. — Von diesem Gebundenseyn kann man sich auch noch auf eine andere Weise überzeugen. Man stelle eine Verstärkungsflasche auf einen Harzkuchen, den man vorher mit Colophoniumpulver bestreut hat und verbinde den Knopf der Flasche mit dem positiven Conduktor einer Maschine. Es wird dann sogleich, so wie die Flasche sich ladet, bemerkbar, daß positive Figuren rings um der Flasche in dem Harzpulver entstehen. Man unterbricht jetzt die leitende Verbindung des Conduktors mit der Flasche. In Folge dieser Unterbrechung wird man keine Bildung von Figuren mehr wahrnehmen. Die Elektricität auf dem äußeren Beleg ist gebunden durch die im innern. So wie man aber den Knopf der Flasche ableitend berührt, wird die Elektricität auf dem äußeren Beleg frei und wirkt nun wieder als freie Elektricität auf das Harzpulver. — Für diesen Zustand der gebundenen Elektricität erhalten wir den Ausdruck $\varphi\left(\frac{q(1-c)}{s}\right)$. In diesem Ausdruck drückt c die durch Vertheilung gebundene Elektricität aus. Die Hauptschwierigkeit für den Gebrauch dieser Formel liegt nun darin die Größe $\frac{q}{s}$ zu bestimmen. Ries, dem wir hauptsächlich diese mathematische Behandlung der Elektricität verdanken, bedient sich hierzu folgender Methode. Er isolirt das äußere Beleg einer Batterie und sucht durch successive Fortschaffung der daselbst freiwerdenden Elektricität ein Maaß für die Quantität zu gewinnen. Von dem äußeren Beleg einer isolir-

ten Batterie wurde ein 22″ langer Draht nach dem Innern einer Lane'schen Entbindungsflasche geführt, deren Kugeln für jede Versuchsreihe auf eine bekannte Entfernung gestellt waren. Bei diesen Versuchen ist es nothwendig, daß die äußere Belegung der Maaßflasche mit einer sehr guten Ableitung versehen ist. Die Anzahl der Entladungen der Maaßflasche wurde der Quantität, die Anzahl der Flaschen der Batterie, d. h. die Ausdehnung des Belegs derselben dem s(Fläche) proportional genommen. — Als Ergebnisse dieser Untersuchung lassen sich nachfolgende Sätze anführen.

a) Die Abstoßung einer an die Innenseite einer Batterie anliegenden Kugel ist $p = a\left(\frac{q}{s}\right)^2$, d. h. die Abstoßung ist dem Quadrat der Dichtigkeit der in der Batterie angehäuften Elektricität proportional. — Die Abstoßung einer entfernten elektrisirten Kugel von der Innenseite der Batterie ist $p' = a'\left(\frac{q}{s}\right)$, d. h. die Abstoßung ist der Dichtigkeit der in der Batterie angehäuften Elektricität proportional.

b) Die Anziehung einer entfernten nichtisolirten Kugel durch die Innenseite der Batterie ist $p'' = a''\left(\frac{q}{s}\right)^2$, d. h. die Anziehung ist dem Quadrat der Dichtigkeit der in der Batterie angehäuften Elektricität proportional.

c) Die Schlagweite der Batterie, $d = b\left(\frac{q}{s}\right)$ ist der Dichtigkeit der daselbst angehäuften Elektricität proportional. Aus dieser Formel ergiebt sich ferner, daß sich die Schlagweite verhält umgekehrt wie Arealgröße, auf welcher die Elektricität ausgebreitet ist.

d) Die Schlagweite steht ferner im geraden Verhältniß der Luftverdünnung. In Luft von nur halber Dichtigkeit ist die Schlagweite derselben Elektricitätsmenge doppelt so groß als in Luft von der Dichtigkeit 1. Die Erwärmung einer eingeschlossenen Luftmenge hat hierbei keinen Einfluß auf die Schlagweite. Ein Satz, der in so fern wichtig ist, als hieraus hervorgeht, daß der Druck keinen Einfluß auf die Schlagweite der Elektricität ausübt.

2) Wärme und Reibungselektricität. Es ist eine längst bekannte Erfahrung, daß Metalldrähte, durch welche Elektricität geleitet wird, sich erhitzen und daß diese Erhitzung um so stärker ist, je geringer das elektrische Leitungsvermögen derselben ist. Diese Thatsache ist neuerdings Gegenstand einer besonderen Untersuchung von Ries geworden. Offenbar kommen bei dieser Untersuchung zunächst zwei Umstände in

Betracht, die Eigenthümlichkeit der Metalle, durch welche die Elektricität geleitet wird und die Länge derselben. Ich theile hier die Hauptergebnisse dieser Untersuchung mit:

a) Die Erhitzung eines dünnen Platindrahtes, welcher sich in einem Luftthermometer befand, wurde proportional gefunden dem Produkte der Quantität in die Dichtigkeit. Wenn unter t die Erwärmung verstanden wird, welche dem Index des Luftthermometers proportional ist, so haben wir $t = a \frac{q}{s}$.

b) Hinsichtlich des Einflusses der Dicke und Länge der Drähte (er wandte immer Platindrähte an), fand er, daß die in einem Drahte durch eine bestimmte elektrische Entladung frei gemachte Wärmemenge im geraden Verhältniß der Länge steht und in umgekehrten des Querschnittes desselben.

c) Wenn zu dem Draht, der durch die Kugel eines Thermometers ging, noch ein Nebendraht eingeschaltet wurde, so nahm die Erwärmung des ersten Drahtes im Verhältniß zur Länge des zugesetzten sehr bedeutend ab. Bei Verlängerung des Nebendrahtes gelangt man bald zu einer gewissen Grenze, bei welcher eine gewisse Erwärmung, z. B. von 12''' des Luftthermometers gar nicht mehr durch die Batterie bewirkt werden kann. Wurde an die Stelle des Kupferdrahtes, welcher zum Nebendraht diente, ein kleines Stück feuchten Holzes oder eine mit Wasser gefüllte Glasröhre eingeschaltet, so ist gleich anfänglich die Grenze für die kleinste geforderte Erwärmung erreicht.

d) Für folgende Metalle ergaben sich die bei den Metallen stehenden Zahlen als diejenigen Längen, bei welchen gleiche Elektricitätsmengen gleiche Erwärmungen hervorbringen: Silber 148,74, Kupfer 100, Gold 88,87, Cadmium 38,35, Messing 27,70, Palladium 18,18, Eisen 17,66, Platin 15,52, Zinn 14,70, Nickel 13,15, Blei 10,32 und Neusilber 8,86.

3) Elektrische Mittheilung. Wenn man mehrere isolirte Leiter, z. B. kleine auf Glassäulen isolirte Conduktoren hintereinander stellt, so daß zwischen jedem noch ein kleiner Abstand stattfindet, der also, wenn der Versuch in der atmosphärischen Luft angestellt wird, von dieser erfüllt wird, und dem Conduktor, welcher den Anfang dieser Reihe macht, freie Elektricität mittheilt, so wird man finden, daß der zweite in den Zustand der Vertheilung versetzt wird, und daß die freie Elektricität des zweiten wieder vertheilend auf den dritten Conduktor wirkt und daß sofort alle hintereinander stehenden Conduktoren im Zustand der Vertheilung versetzt werden. Es wird also das Ende des

letzten Conduktors dieselbe Elektricität haben, wie der erste, dem freie Elektricität mitgetheilt wurde. Es führt dieser Versuch zu der Frage, ob nicht alle elektrische Mittheilung auf einer Vertheilung der in Berührung gebrachten Körper beruht. Wir würden hierdurch zu der Ansicht geleitet, daß z. B. der Conduktor einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine nicht unmittelbar Elektricität von der Scheibe empfängt, sondern daß die freie Elektricität des Conduktors durch Vertheilung entstanden ist, indem die entgegengesetzte an den Spitzen auftretende mit der Elektricität der Scheibe sich verbunden habe. Nach dieser Ansicht würden Isolatoren Körper seyn, bei welchen der elektrische Vertheilungszustand längere Zeit auf den beiden entgegengesetzten Seiten erhalten werde, Leiter hingegen, bei welchen der Zustand der Vertheilung sogleich wieder aufhört. Das erste Partikelchen, welches vertheilt worden ist, würde in demselben Augenblick wieder im Nullzustande zurückkehren, in welchem es das nächste im Vertheilungszustand versetzt hat. Es würde also die Fortpflanzung der Elektricität in Leitern in einer Aufeinanderfolge von Vertheilungen der Partikeln des Leiters sich gründen. — Dieser Ansicht scheint jedoch folgender Umstand entgegengestellt werden zu können. In luftleerem Raume pflanzt sich die Elektricität unmittelbar von Leiter zu Leiter fort. Wenn wir uns die Körper als aus Partikeln zusammengesetzt denken, zwischen welchen leere Räume stattfinden, so müßte auch zwischen diesen eine unmittelbare Mittheilung der Elektricität erfolgen. Es ist diese Einwendung jedoch in so fern nicht ganz begründet, als wir bis jetzt noch nicht im Stande sind einen absolut luftleeren Raum hervorzubringen, der mit einer Luftpumpe hervorgebrachte enthält noch etwas Luft und die toricellische Leere ist immer noch mit etwas Dampf der Flüssigkeit, worüber er sich befindet, erfüllt. Es ist daher die Möglichkeit vorhanden, daß die Elektricität sich auch in diesen Fällen materiell fortpflanzet. — So wie jetzt die Sachen stehen ist es daher wahrscheinlicher, daß alle Fortpflanzung der Elektricität auf Vertheilung beruhe.

§. 7.

Ueber die Frage, ob es eine oder zwei Elektricitäten giebt.

Die Beantwortung der hier vorliegenden Frage ist für die statische Elektricität von geringerer Wichtigkeit als für den Theil der Elektricitätslehre, welche mit der Chemie im Zusammenhang steht, ich meine für die Elektrochemie. In diesem Theil der Wissenschaft wird angenommen, daß an die Stelle der chemischen Verwandtschaft die Anziehung der ungleichnamigen Elektricitäten tritt, womit die Körper be-

haftet sind. Diese Annahme setzt zwei verschiedene elektrische Wesen voraus, welche sich etwa zu einander wie Säuren und Basen verhalten. Giebt es aber nur eine Elektricität, so sieht man leicht ein, daß unsere bisherige Ansicht von dem elektrochemischen Verhalten der Körper eine völlige Umänderung erleiden muß. — Wir wollen jetzt die wesentlichsten Erscheinungen durchgehen, welche man zu Gunsten der Ansicht von zwei Elektricitäten aufgestellt hat. Man führt hauptsächlich folgende an: 1) die Lichtenbergischen Figuren; 2) das Blasen von negativ elektrisirten Spitzen, so wie das Drehen eines negativ elektrisirten Schwungrades in derselben Richtung, in welcher sich ein positiv elektrisirtes bewegt; 3) das Phänomen der elektrischen Vertheilung; 4) die Erzeugung zweier Ränder beim Durchschlagen des elektrischen Funkens durch Pappe oder Kartenblätter und zweier Löcher beim Hindurchschlagen durch Stanniol; 5) die Versuche von Wheatstone, nach welchen bei Unterbrechung eines elektrischen Leitungsdrahtes an drei Stellen an den beiden Endpunkten zugleich, an der mittleren etwas später Funken eintreten; 6) die Ausscheidung der Bestandtheile eines zusammengesetzten Körpers bei der Elektrolyse nach zwei Richtungen; 7) die Divergenz der Goldblätter im Elektrometer, gleichviel ob sie mit positiver oder negativer Elektricität geladen sind.

1) Unter allen Erscheinungen, welche zu Gunsten der Ansicht von zwei Elektricitäten aufgestellt worden sind, sind die Lichtenbergischen Figuren vom geringsten Belang. Allerdings erhält man zweierlei Figuren bei Anwendung entgegengesetzter Elektricitäten. Es würde jedoch sehr voreilig seyn, aus dieser Verschiedenheit auf zwei verschiedene Wesen zu schließen. Nach der Ansicht von einer Elektricität hat der positivelektrisirte Körper, Ueberschuß an Elektricität, der negative hingegen Mangel daran. Die positive erzeugt dendritische Figuren, offenbar weil hier ein Etwas auf die Oberfläche der Harzkuchen ausströmt, die negative, runde, weil der negativ elektrisirte Körper, der mit dem Harzkuchen in Berührung gebracht worden ist, Elektricität aus demselben zieht und hierdurch eine Kraftäußerung hervorruft, welche von der Peripherie nach dem Mittelpunkt wirkt, ein Umstand, aus der sich sehr wohl begreift, wie rundliche Figuren entstehen können.

2) Das Blasen aus negativ elektrisirten Spitzen. Alle Ansichten über das Wesen der Elektricität sind darin übereinstimmend, daß eine Anziehung zwischen den Körpertheilchen und der Elektricität stattfinde. Eine negativ elektrisirte Spitze ist nach der Ansicht von einer Elektricität eine solche, in welche Elektricität einströmt. Da nun die Elektricität an den Lufttheilchen haftet, so muß sie sich beim Einströmen

in die Spitze von den Lufttheilchen trennen und somit eine Strömung bewirken. Jedes Lufttheilchen wird im Moment, wo die Elektricität einströmt, von der Spitze abprallen und hierdurch ein Blasen hervorbringen. Dieß Abprallen der Lufttheilchen kann in dem Fall, daß die Spitze leicht beweglich ist, eine Bewegung derselben erzeugen. So läßt sich die Bewegung eines negativ elektrischen Schwungrades nach derselben Richtung, in welchem ein positives sich bewegt, erklären.

3) Die elektrische Vertheilung. Offenbar diejenige Erscheinung, welche sich am schwierigsten nach Annahme einer Elektricität erklären läßt. Man sieht nicht wohl ein, wie ein mit freier Elektricität beladener Körper in einem genäherten Leiter, einen Mangel an Elektricität hervorrufen kann, da man wegen Mittheilung der Elektricität durch die Luft das Entgegengesetzte annehmen sollte. Es wurde bereits S. 28 eine Erklärung der Vertheilung nach Annahme einer Elektricität gegeben. Es läßt sich diese Erscheirung unter dieser Annahme jedoch noch von einer anderen Seite auffassen. Wenn wir bedenken, daß unsere Kenntniß über die Grunderscheinungen der Elektricität noch keineswegs als vollständig zu betrachten ist, so wird es erlaubt seyn, diese in ihrer Einfachheit getrennt von aller Theorie aufzufassen. — Bringen wir einen Leiter in seinem natürlichen Zustand in die Nähe eines mit freier Elektricität beladenen, so wird er von diesem angezogen. Wir sagen, daß dieß deßwegen geschehe, weil die Theile der Elektricität sich abstoßen, von den Körpern aber angezogen werden. Man kann sich das Verhältniß dieser beiden Körper jedoch auch anders denken. Gesetzt die freie Elektricität zöge nicht den Körper an, sondern die Elektricität des Körpers in ihrem natürlichen Zustand, so würde er in dem Fall, daß der Körper leicht beweglich wäre, der Anziehung folgen, wäre dieß aber nicht der Fall, so würde die Elektricität aus dem nächsten dem elektrisirten Conduktor gegenüber befindlichen Theil entweichen und hierdurch ein Mangel an Elektricität entstehen, d. h. es müßte dieser Theil des Leiters negativ elektrisch werden. Sollte aber auf einer Seite ein Mangel entstehen, so müßte begreiflicher Weise auf der anderen Seite Ueberschuß eintreten.

4) Die Erzeugung zweier Randerhöhungen beim Durchschlagen des elektrischen Funkens durch Pappe oder Kartenblätter. Diese Erscheinung erklärt sich vollkommen genügend unter Voraussetzung eines Versuches, den ich bereits S. 49 erwähnt habe. Wenden wir diesen Versuch auf das Durchschlagen des Funkens durch Pappe an, so geht hervor, daß noch bevor der Funke hindurchschlägt, eine Anziehung der

Papptheile erfolgen muß, was ein Auflockern derselben zur Folge hat. Der Funke schlägt hierauf durch und bringt auf der anderen Seite Randerhöhungen hervor.

Die Thatsache, daß durch ein Stanniolblatt, welches man zwischen die Knöpfe des Ausladers bringt, beim Hindurchschlagen zwei Löcher hervorgebracht werden, welche in entgegengesetzter Richtung geschlagen sind, ließe sich mit Annahme einer Elektricität auf folgende Weise erklären. Wenn, wie aus obigem Versuch erhellet, noch bevor der Funke hindurchschlägt, eine Anziehung des Stanniolblattes stattfindet und diese Anziehung darin besteht, daß die freie Elektricität die in ihrem natürlichen Zustand im Stanniol befindliche anzieht, so wird diese noch ehe der Funke hindurchschlägt aus dem Stanniolblatt herausgehen, was mit einer Durchlöcherung nach der Seite, von welcher die freie Elektricität herkommt, verbunden seyn kann. So wie sie auf diese Weise herausgetreten ist oder zu gleicher Zeit schlägt dann der Funke über und bohrt ein größeres Loch in entgegengesetzter Richtung. Man könnte hierbei die Frage aufwerfen, woher es komme, daß die beiden Löcher nicht in eines zusammenfallen. Hierauf läßt sich sehr wohl antworten, Funken müssen sich wie elektrische Ströme verhalten und von diesen hat Ampère gezeigt, daß gleichlaufende sich anziehen, entgegengesetzt sich bewegende sich abstoßen.

5) Die Versuche von Wheatstone, nach welchen bei Unterbrechung eines elektrischen Leitungsdrahtes an drei Stellen in einem nicht zu unterscheidenden Zeitmoment Funken eintreten, an der mittleren später. Auch dieser Versuch läßt sich auf gleiche Weise erklären, wie der vorhergehende. Hat die freie Elektricität eine Anziehung zu der im natürlichen Zustande befindlichen, welche wir die ruhende nennen wollen, so muß in derselben Zeit, in welcher an der ersten Stelle die Elektricität überschlägt, die ruhende an der dritten überschlagen.

6) Die Ausscheidung der Bestandtheile eines zusammengesetzten Körpers bei der Elektrolyse nach zwei Richtungen. — Die Zersetzungen chemischer Verbindungen in zwei Bestandtheile durch den elektrischen Strom, welche an den Stellen auftreten, wo die Elektricität ein- und austritt, hat hauptsächlich dazu beigetragen, daß die Ansicht von zwei Elektricitäten von den Physikern angenommen worden ist. Allerdings läßt sich diese Zersetzung und die damit verbundene Ausscheidung unter Annahme zweier Elektricitäten, die auf die Verbindung wirken, etwa wie eine Säure und eine Base auf ein Salz leichter erklären, als mit Annahme einer Elektricität. Allein der schon angeführte Versuch von Wollaston, nach welchem die Reibungselektricität Wasser so zersetzt,

daß an dem Punkt, wo sie eintritt, sich zugleich beide Gase entwickeln, beweist, daß es nicht in dem Wesen der Elektricität liegt, die Bestandtheile des zersetzten Körpers an zwei verschiedenen Stellen auszuscheiden. Uebrigens läßt sich die Zersetzung der Verbindungen durch die Elektricität recht gut mit Annahme einer erklären. Man hat nur nöthig anzunehmen, daß die Elektricität sich mit einem Bestandtheil der Zusammensetzung verbinde und diesen durch die Flüssigkeit mit fortführe und da absetze, wo sie wieder in einen Leiter tritt. Begreiflicher Weise muß dann der andere Bestandtheil der Zusammensetzung da sich abscheiden, wo die Elektricität eintritt.

7) Die Divergenz der in einem Elektrometer befindlichen Strohhalme oder anderer beweglicher Leiter bei Ladung mit negativer Elektricität. Eine Erklärung dieser Erscheinung unter Annahme einer Elketricität wurde bereits S. 23 gegeben.

Als einen Beweis für das Vorhandensein zweier Elektricitäten führt man auch einen Versuch von Esmark an. Derselbe nahm zwei gleich große Verstärkungsflaschen lud sie gleich stark und stellte sie auf einen mit gepulverten Schwefel bestreuten Harzkuchen. Als er nun die Knöpfe der beiden Flaschen leitend mit einander verband, entluden sich die beiden Flaschen von dem einen der äußeren Belege zu dem anderen. Man sah einen Weg von der einem zur anderen Flasche durch das Schwefelpulver hindurchgebahnt und in der Mitte einen runden Fleck, woselbst sich nach der Ansicht der Dualisten die beiden Elektricitäten vereiniget haben sollen. — Ich habe diesen Versuch wiederholt mit zwei gleich großen Leidner Flaschen. Die Größe des inneren Belegs beider betrug 27,9 Quadratzoll. Bei der Entladung schlugen stets mehrere, wenigstens zwei Funken über und bahnten sich Wege durch das Schwefelpulver. Von einem runden Flecke habe ich aber durchaus nichts bemerken können.

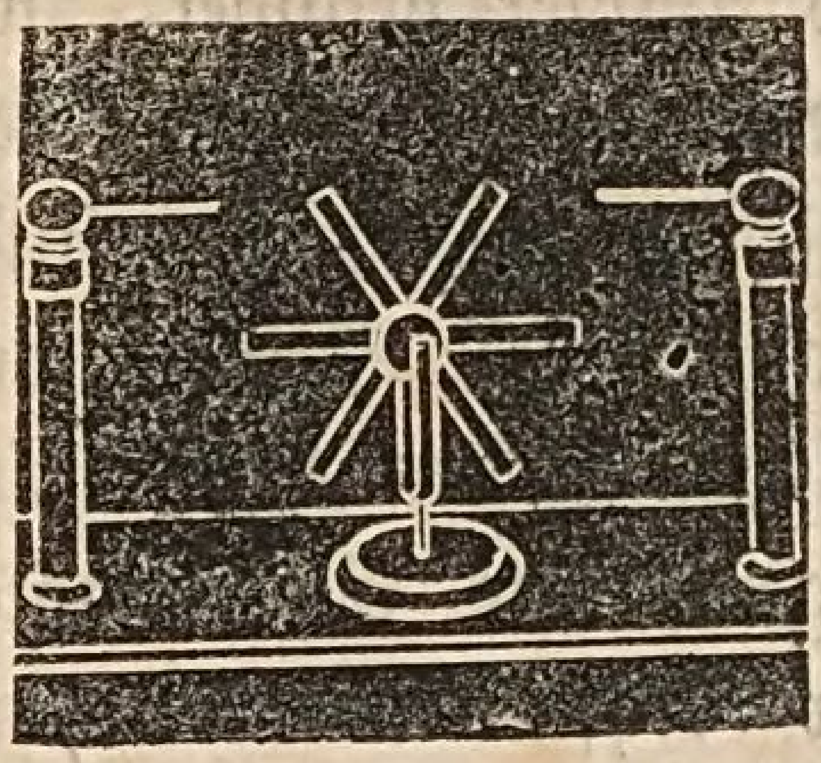
Wenn nun gezeigt worden ist, wie diese Einwendungen sich beseitigen lassen, so darf andererseits nicht übersehen werden, daß es Erscheinungen giebt, die sich schwer mit Annahme zweier Elektricitäten erklären lassen. Wir wollen einige hiervon anführen.

1) Ladet man das Innere einer Verstärkungsflasche mit positiver Elektricität, stellt sie hierauf unter den Recipienten einer Luftpumpe und entleert denselben, so wird man im Dunkeln beobachten, daß aus dem Knopfe der Flasche Lichtbüschel nach der äußeren Belegung überschlagen. Wiederholt man den Versuch, indem man eine Flasche anwendet, welche im Innern negativ geladen ist, so ist die Richtung der

Blitze umgekehrt. Man beobachtet dann, daß vom Rand des äußeren Belegs Elektricität leuchtend ausströmt.

2) Stellt man ein angezündetes Licht inmitten der 4″ weit von einander gestellten Stäbe des allgemeinen Ausladers, von welchen der eine mit dem äußeren, der andere mit dem inneren Beleg einer Verstärkungsflasche verbunden ist, so wird man finden, daß die Flamme stets von der positiven nach der negativen Seite geblasen wird.

3) Man fertige sich ein kleines Flugrad an, indem man längliche Streifen von einem Kartenblatt in gleichen Abständen in Einschnitte eines Stöpsels steckt, durch dessen Mittelpunkt ein Draht geht, vermittelst welchen man dasselbe so auf ein Gestell legen kann, daß es sich leicht um seine horizontale Axe dreht. Man sehe die Figur. Verbindet man nun die beiden Drähte mit den Belegen einer Verstärkungsflasche, so wird sich das Rädchen stets so drehen, als wenn es von der positiven Seite her in Bewegung gesetzt würde.



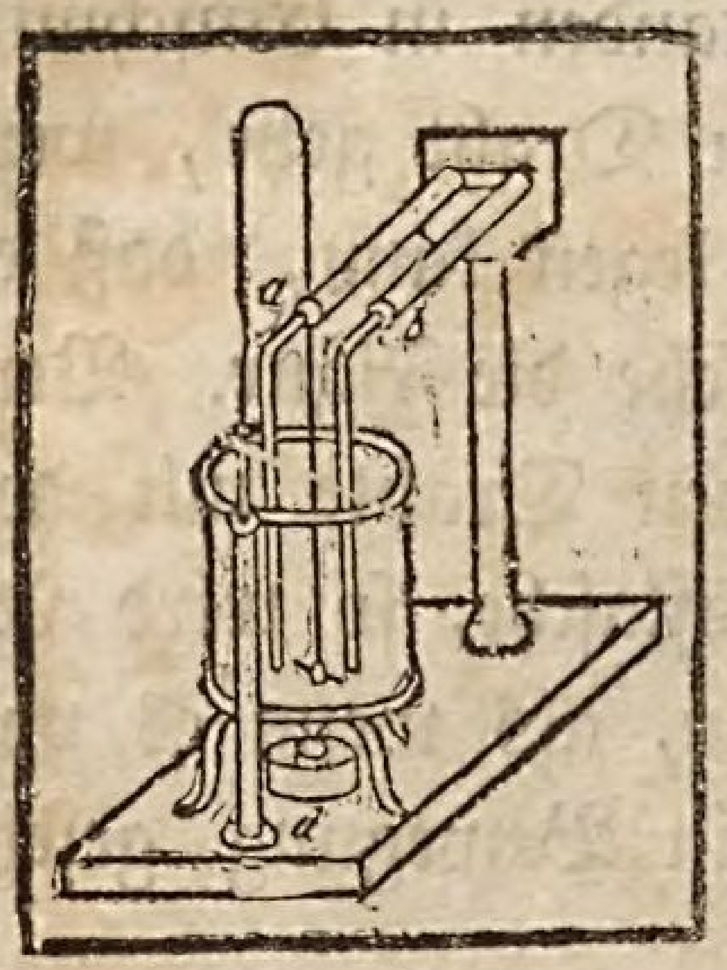
In den hier angeführten Fällen sieht man stets eine Wirkung von der positiven nach der negativen, aber nicht umgekehrt. Dieß spricht offenbar für das Vorhandensein eines elektrischen Wesens aber nicht zweier und da die früher angeführten Erscheinungen sich unter Annahme einer Elektricität erklären lassen, so sehe ich keinen Grund ein, zwei elektrische Wesen anzunehmen. — Uebrigens ist es aus theoretischen Gründen allemal vorzuziehen, von einem den Erscheinungen zu Grunde gelegten Wesen auszugehen als von zweien.

§. 7.

Krystallelektricität. Dampfelektrisirmaschine. Der Blitz, ein elektrischer Funke.

a) Die Krystallelektricität. Mehrere Krystalle haben die Eigenschaft während des Erwärmens an ihren entgegengesetzten Enden freie Elektricitäten zu zeigen. Zu diesen Körpern gehört hauptsächlich der Turmalin, der Boraxit, der Topas, unter den natürlichen und unter den künstlichen Weinsäure, Seignettesalz, neutrales weinsaures Kali, gemeiner Zucker und Milchzucker. Am meisten sind über diese Eigenschaft Versuche mit dem Turmalin angestellt worden. Man hat gefunden, daß er um so stärker elektrisch wird, je weniger dunkel er gefärbt und je weniger zerklüftet er ist. Selbst zartes Pulver von Turmalin ist krystallelektrisch, so daß seine Theile an einander kleben, wenn es er=

wärmt wird. — Die meisten dieser Krystalle sind unsymmetrisch, d. h. sie zeigen an den Enden ihrer Axen verschiedenartige Flächen. — Der Boracit zeigt an den vier Ecken des Würfels, welchen die Tetraëder-Flächen fehlen beim Erwärmen positive, die vier anderen diagonal entgegengesetzten, welche Tetraëderflächen haben, negative Elektricität. — Ein recht zweckmäßiger Apparat zur Untersuchung der Krystallelektricität ist von Becquerel angegeben und hier abgebildet. Unter einen Glascylinder, dessen Boden von Kupferblech ist, befindet sich eine Lampe d, um denselben zu erwärmen und hierdurch die Temperatur im Innern des Cylinders zu erhöhen. a ist ein Coconfaden, an welchem sich am unteren Ende ein zu einem Bügel umgebogenes Papier befindet, um den Krystall hineinzulegen, welcher untersucht werden soll. b und der gleiche gegenüber befindliche Cylinder sind zwei Zambonische Säulen, von welchen metallene Stängelchen in den Glascylinder gehen, die durch diese Verbindung entgegengesetzte Elektricitäten erhalten. Wird nun durch die erhitzte Luft der Krystall erwärmt, so werden seine Enden elektrisch und diese werden, je nachdem sie mit den beiden Stängelchen gleichnamige oder ungleichnamige Elektricitäten haben, abgestoßen oder angezogen werden.



b) Dampfelektrisirmaschine. Neuerdings ist durch den Engländer Armstrong die Beobachtung gemacht worden, daß der aus Dampfkesseln ausströmende Wasserdampf positivelektrisch ist, während der Dampfkessel negativ wird. Die von Faraday über diesen Gegenstand angestellten Versuche machen es mehr als wahrscheinlich, daß die Ursache dieser Elektricitätsentwicklung in der Reibung des Wasserdampfes an den Rändern der Oeffnung zu suchen sey. Bei Construktion einer auf diese Erregungsweise sich gründenden Elektrisirmaschine wird es daher einerseits darauf ankommen eine recht starke Reibung des Wasserdampfes an den Rändern der Oeffnungen der Hähne hervorzubringen, andererseits die hierdurch auftretende Elektricität so schnell als möglich abzuleiten, damit sie nicht zurückwirke auf die entgegengesetzte Elektricität des Kessels und sich hierdurch neutralisire. Ferner hat sich herausgestellt, daß die Ursache der erregten Elektricität nicht sowohl in der Reibung des Wasserdampfs als der von dem Dampf fortgeführten Wassertheilchen an den Wänden und Rändern der Ausströmungsröhren enthalten ist und daß die Wirkung sehr vermehrt werde, wenn sich der ausströmende Dampf an Holz reibt. In Berücksichtigung dieser Umstände sind nun Maschinen

dieser Art, welche man Hydroelektrisirmaschinen genannt hat, so eingerichtet, daß der Dampf aus einer großen Anzahl von Hähnen strömt, welche im Innern mit Holz gefüttert sind. Vor den Hähnen, aus welchen der Dampf ausströmt, sind Metallspitzen angebracht, welche untereinander leitend verbunden sind und mit dem Fußboden in Verbindung stehen. Sie dienen dazu die Elektricität des Dampfes abzuleiten und hierdurch die des Kessels zu verstärken. — Bringt man in die Ausströmungsröhre Terpentinöl, so wird der ausströmende Dampf negativelektrisch und der Kessel positiv.

Außer den hier angeführten Quellen statischer Elektricität giebt es noch andere, welche jedoch ihrem Wesen nach noch nicht so verfolgt und ausgebildet sind, wie die bisher angeführten. — So entsteht durch Druck fester Körper, beim Verbrennen von Kohle Elektricität, bei der Verdampfung salzhaltiger Lösungen, bei Verpuffungen, bei Zersetzungen durch einfache und durch doppelte Wahlverwandtschaft, bei der Gährung, bei Erscheinungen der Capillarität. — Es ist daher keine gewagte Hypothese, daß bei allen Veränderungen des Aggregatzustandes der Körper Elektricität frei werde.

c) Der Blitz, ein elektrischer Funke. Obwohl schon vor Franklin von Nollet und Hauser der Gedanke ausgesprochen worden war, es möchte der Blitz ein elektrischer Funke seyn, so war er es doch, welcher diesen Gedanken durch einen Versuch verwirklichte. Er bediente sich hierzu des bekannten Kinderspielwerkzeugs des papiernen Drachens. Es bestand derselbe aus einem seidnen Tuch, welches über zwei über Kreuz gelegte Stäbe von Cedernholz gespannt worden und mit einem Schwanz versehen war. Die Spitze des Drachens war mit einer Drahtspitze versehen. An demselben war eine hanfne Schnur befestiget und an dem Ende desselben ein Schlüssel. An diesem war ein seidenes Tuch gebunden, welches er mit dem anderen Ende an einen Pfahl festband. Zur Zeit als ein Gewitter am Himmel stand war dieser Drache zum Steigen gebracht worden. Gar bald zeigte sich ein Voneinandergehen der lockern Fäden der hänfnen Schnur als ein Zeichen des Vorhandenseins von Elektricität. Als aber die ganze Vorrichtung durch Regen naß wurde, sammelte sich so viel Elektricität an, daß man mit dem Fingerknöchel aus dem Schlüssel Funken ziehen konnte. Dieser Funke hatte alle Eigenschaften der Elektricität. Man konnte mit ihm Weingeist entzünden, Verstärkungsflaschen laden und alle die beschriebenen Eigenschaften der Elektricität nachweisen. Dieser Versuch wurde an verschiedenen Orten in Europa mit gleichem Erfolg wiederholt. Bei einem Versuch, den man in Frankreich mit einem 7′ langen und 3′ breiten Drachen anstellte, erhielt man Funken, welche

die Dicke eines Zolls hatten. — Durch diese vielfach wiederholten Versuche war es außer allen Zweifel gesetzt, daß der Blitz ein elektrischer Funke ist. Auch der Donner fand seine Erklärung. Denn, wenn eine Verstärkungsflasche deren innere Belegung einen Quadratfuß Oberfläche hat, bei der Entladung einen Funken giebt, dessen Knall durch mehrere Zimmer gehört wird, was läßt sich von einem Funken erwarten, welcher das Ergebniß einer ganzen elektrisirten Luftregion ist. — Das Rollen des Donners rührt theils vom Widerhall theils von der verschiedenen Geschwindigkeit her, mit welcher sich der Schall durch die Bestandtheile der Luft fortpflanzt. Im Verhältniß der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls wird der Donner um so später wahrgenommen, je entfernter der Blitzschlag geschieht.

Franklin blieb jedoch nicht dabei stehen, nachgewiesen zu haben, daß der Blitz ein elektrischer Funke sey, sondern er gab auch zugleich Mittel an die Hand, den Blitz unschädlich zu machen. Er lehrte Vorrichtungen, Blitzableiter, einzurichten, mit welchen der Blitz unschädlich gemacht werden konnte. Sie gründen sich theils auf der Eigenschaft metallener Spitzen Elektricität einzusaugen, theils darauf, daß die Elektricität genau den Weg einhält, welcher ihr durch gute Leiter vorgeschrieben wird. Sie sucht stets bei ihrem Fortschreiten die guten Leiter heraus. Soll nun ein Gebäude durch einen Blitzableiter geschützt werden, so müssen an den Enden des Daches vertikale Metallstangen aufgesteckt werden, welche nach oben in Spitzen enden, welche, damit sie sich nicht oxydiren, vergoldet seyn müssen. Zwischen diesen vertikalen Stangen werden horizontale angebracht, welche in einiger Entfernung von der Dachkante hinlaufen. Diese Stangen werden durch Querstangen befestiget, deren Enden in Steinen möglichst entfernt von Leitern der Elektricität eingelassen sind. Da eiserne Stangen leicht durch Oxydation leiden, so ist es vortheilhafter zu Stangen zusammengedrehte Kupferdrähte anzuwenden. Die Enden dieser Stangen werden acht bis zehn Fuß in die Erde eingelassen und daselbst, damit sich die Elektricität nach allen Seiten verbreiten kann, mit guten Leitern, z. B. Steinkohlen, umgeben. — Die bisherigen Erfahrungen haben die Nützlichkeit der Blitzableiter außer allen Zweifel gesetzt.

Dritter Abschnitt.

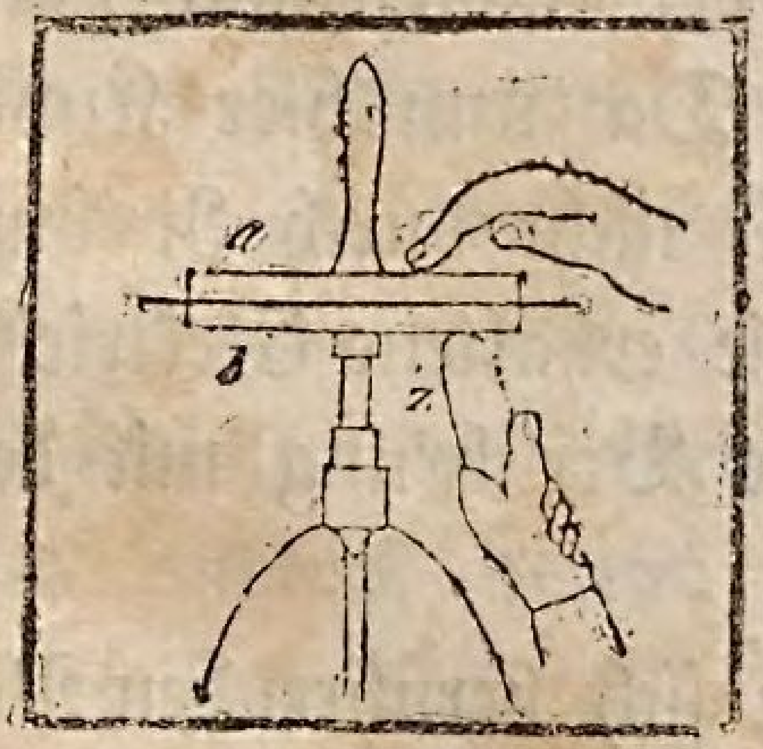
Vom Galvanismus oder der Elektricität durch Berührung.

---

§. 1.

Die Grundversuche für die Berührungselektricität. Die elektrische Spannungsreihe.

Mit Entschiedenheit kann folgender Versuch als derjenige betrachtet werden, welcher diesen Zweig der Naturlehre begründete. Man legt unter die Rückenmarksnerven eines präparirten Froschschenkels eine Metallplatte und auf die Schenkel die Platte eines andern Metalls und berührt nun diese entweder unmittelbar oder bringt sie leitend durch einen Metalldraht in Berührung. Im Augenblicke, wo dieses geschieht, beobachtet man ein Zucken der Froschschenkel. Dieser Versuch wurde im Jahre 1790 von Galvani angestellt. Nach ihm erhielt diese Lehre den Namen Galvanismus. Dieser Gelehrte war anfänglich der Meinung, daß der Grund der Zuckungen der Froschschenkel in der Leitung einer eigenthümlichen Flüssigkeit zu suchen sey, welche durch die Metalle als Leiter von den Nerven zu den Muskeln übergeführt werde. Volta verwarf diese Ansicht und suchte durch Versuche nachzuweisen, daß bei der Berührung der Metalle Elektricität erregt werde, und daß die durch die Berührung erregte Elektricität die Ursache der Zuckungen sey. Wir wollen jetzt diese Versuche beschreiben.

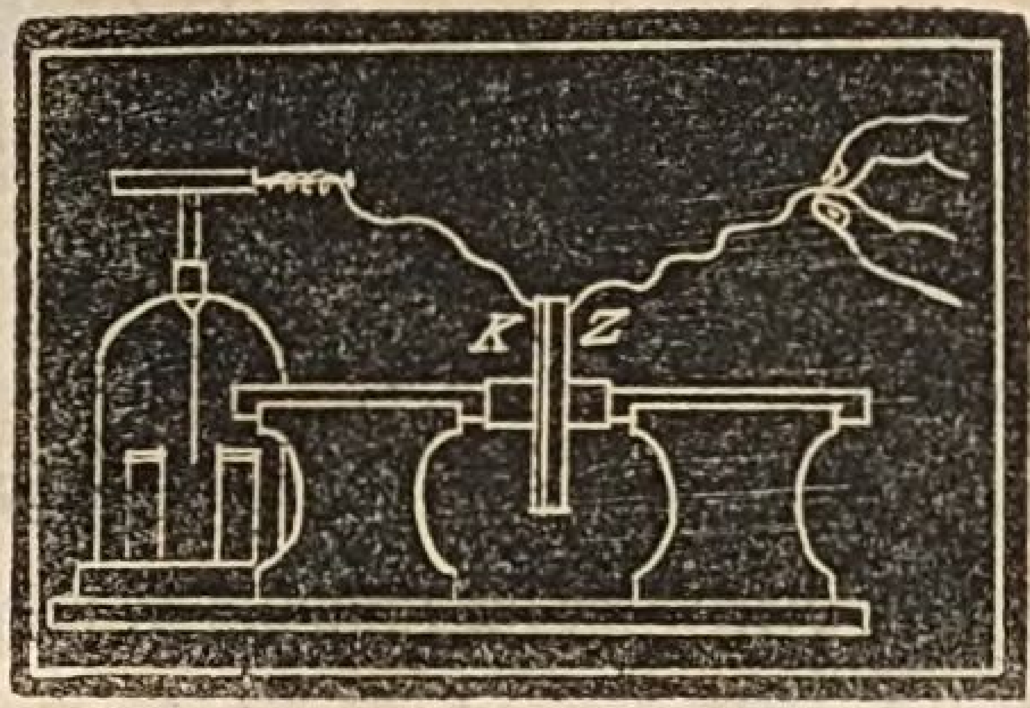


Es sey durch die Figur ein Condensator vorgestellt. Man berührt nun mit einem Stück Zink a die Collektorplatte, von der wir annehmen wollen, daß sie aus Kupfer bestehe, während man die Condensatorplatte in Ableitung versetzt. Entfernt man jetzt deu Zink von der unteren Platte, den Finger von der oberen und hebt die Condensatorplatte in die Höhe, so werden die Goldblätter des Elektrometers divergiren.

Man nehme zwei Scheiben von Metall, die eine etwa von Zink, die andere von Kupfer, beide versehen mit Glasstielen und möglichst glatt abgeschliffen auf den den Glasstielen entgegengesetzten Seiten, lege

sie mit diesen auf einander und trenne sie dann wieder. Nach der Trennung werden beide entgegengesetzt elektrisch befunden werden, und zwar das Zink positiv und das Kupfer negativ.

Ich stelle diesen Versuch mit einer Vorrichtung an, welche hier abgebildet ist. Eine Zink- und eine Kupferscheibe, beide mit Glasstielen versehen, befinden sich auf zwei Unterlagen einander gegenüber. An beiden Platten sind zwei Kupferdrähte angelöthet. Das Ende des einen ist mit einem Elektrometer verbunden, das Ende des anderen wird abgeleitet. Man schiebt beide Platten zusammen und läßt das Goldblatt im Elektrometer den senkrechten Stand zwischen den Polen der Zambonischen Säulen einnehmen. So wie man jetzt die beiden Platten trennt, in der Abbildung die Zink- von der Kupferplatte, zeigt das Elektrometer die Elektricität an, welche der Platte zukommt, die damit in Verbindung steht.



Man hat aus diesen Versuchen geschlossen, daß die Metalle bei der Berührung elektrisch werden oder richtiger gesagt, daß die Berührung derselben wie die Reibung eine Quelle der Elektricitätserregung sey. Da jedoch bei der Art und Weise, wie obiger Versuch angestellt wurde, die Reibung nicht ganz vermieden werden kann, so bleibt der Versuch in dieser Beziehung zweifelhaft. Um diesen Zweifel zu heben, hat man ihm folgende Form gegeben. Man nimmt eine Zink- und eine Kupferplatte, beide möglichst blank, befestiget sie auf irgend eine Weise auf einander und berührt nun mit der Kupferplatte die kupferne Collektorplatte des Condensators, indem man die Zinkplatte in der Hand hält und mit dem Finger die Condensatorplatte berührt. Nach Entfernung der Doppelplatte und Aufhebung der Condensatorplatte zeigt das Elektrometer negative Elektricität an. Da nun hier Kupfer mit Kupfer sich berührt, so kann die Elektricität nicht durch Reibung des Zinks an Kupfer entstanden seyn, sondern die erhaltene Elektricität muß diejenige seyn, welche das Kupfer durch die Berührung mit dem Zink erhalten hat.

Alle Beobachtungen über die Elektricität der sich berührenden Metallplatten stimmen damit überein, daß man sich das Verhältniß der beiden gegenüberstehenden Elektricitäten eben so zu denken hat, wie die beiden Elektricitäten in dem inneren und äußeren Beleg einer Verstärkungsflasche. Sie binden sich an den Flächen, welche einander gegenüber stehen. So wie man nun bei der Verstärkungsflasche

durch Ableitung der Elektricität der einen Seite die der anderen frei hervortreten machen kann, eben so ist es mit der Elektricität der sich berührenden Platten der Fall. Durch die Ableitung der Elektricität der einen Metallscheibe wird die der anderen in Freiheit gesetzt.

Hinsichtlich der Art der Elektricität und der Stärke derselben, welche die Körper bei der Berührung annehmen, zeigen sie große Verschiedenheit. Zink zeigt bei Berührung mit Platin, Kohle und Hyperoxyden stärkere Elektricität als mit den anderen Metallen, z. B. mit Kupfer. Dieß hat Veranlassung gegeben die Metalle in dieser Beziehung zu prüfen und wir sind hierdurch zu folgender Reihe gekommen, welche man die elektrische Spannungsreihe nennt, bei welcher mit dem positivsten Metall begonnen und mit dem negativsten geendet wird, nämlich: Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Kohle, Platin, Braunstein, Bleihyperoxyd. Ein jeder der hier aufgeführten Körper ist gegen den vorhergehenden negativ, gegen den nachfolgenden positiv elektrisch. Die Elektricität, welche sie bei der Berührung annehmen, ist um so stärker, je entfernter sie in der Spannungsreihe von einander sind.

Die Hervorbringung der Elektricität durch Berührung läßt sich auch mittelbar bewerkstelligen. Es ist nämlich nicht nöthig, daß die Platten sich unmittelbar berühren. Sie können durch eine Isolationsschicht getrennt und ihre Berührung kann durch einen Leiter vermittelt werden. — Man befestige auf dem oberen Theil eines Elektrometers eine Zinkplatte, deren nach oben gekehrte Seite mit Firniß überzogen ist. Hierauf nehme man eine gleich große Kupferplatte, deren untere Seite auch mit Firniß überzogen ist, und lege beide mit ihren gefirnißten Seiten auf einander. Man nimmt jetzt einen halb kreisförmig gebogenen Kupferdraht, welcher an einem Glasstiel befestiget ist und berührt mit den Enden desselben die beiden Metallplatten. Nach der Berührung trennt man sie und man wird sie jetzt ebenfalls elektrisch finden und zwar eben so, d. h. das Zink positiv, das Kupfer negativ, als wenn sie sich unmittelbar berührt hätten. — Diese Erregungsweise findet auch statt, wenn man anstatt eines der Metalle, aus welchen die beiden Platten des Condensators bestehen, ein beliebiges anderes nimmt oder mehrere mit einander verbundene. Man erklärt sich dieß auf folgende Weise. Berührt man mit einem Stück Blei zuerst die Zinkplatte, so wird diese positiv und das Blei negativ. Berührt man hierauf das Blei mit der Kupferplatte, so theilt sich die negative Elektricität derselben mit. Die Kupferplatte wird aber auch durch die Berührung mit dem Blei negativ. Es erhält daher das Kupfer jetzt auf doppelte Weise negative Elektricität, nämlich durch

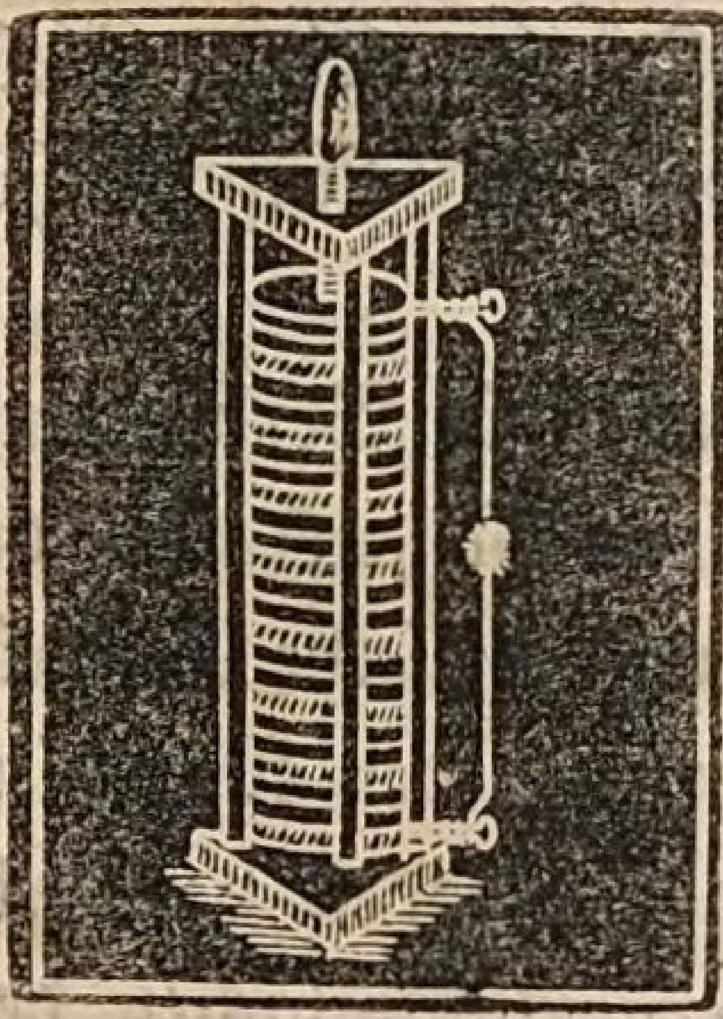
Mittheilung vom Blei und durch Berührung. Dieß beides zusammen bringt dieselbe Wirkung hervor, als wenn sich Kupfer und Zink unmittelbar berührt hätten. Es ist daher, wenn mehrere Metalle auf einander geschichtet worden sind, die Elektricität der beiden Endplatten dieselbe, als wenn diese sich unmittelbar berührt hätten.

Eine nothwendige Folge des so eben erwähnten Versuches ist es, daß wenn man Metallplatten so auf einander legt, daß man mit derselben Platte endet, mit welcher man angefangen hat, die beiden Endplatten keine Elektricität zeigen dürfen. Berührt man daher die kupferne Collektorplatte eines Condensators mit einer Zinkplatte, welche auf einer Kupferplatte gelegt ist, so erhält man keine Wirkung. Anders verhält es sich, wenn man anstatt unmittelbar das Zink mit der Kupferplatte des Condensators in Berührung zu bringen, ein mit Wasser befeuchtetes Papier auf die Zinkplatte legt und hiermit die Collektorplatte berührt. Man findet jetzt, daß der Condensator sich mit positiver Elektricität ladet. — Diese Ladung des Condensators mit positiver Elektricität ist der Punkt, über welchen gegenwärtig die Meinungen der Physiker getheilt sind. Es ist die Frage, ob die Flüssigkeit blos leitend wirkt oder ob die Berührung derselben mit Metall nicht selbst die Ursache einer Elektricitätserregung ist. Im letzteren Fall würde der Ausschlag des Elektrometers die Folge der durch die Einwirkung der Flüssigkeit auf das Metall erregten Elektricität seyn. Die erstere Ansicht rührt von Volta her und ist bekannt unter dem Namen der voltaischen oder Contakttheorie. Nach diesem ist das Verhalten der Flüssigkeiten von ganz anderer Art, als das der festen Körper. Sie verhalten sich unter diesen Umständen passiv und leiten nur die Elektricität der Platte, mit welcher sie in Berührung sind, zur Collektorplatte des Condensators. Dieser Unterschied in dem Verhalten fester Körper und Flüssigkeiten hat Volta zu der Eintheilung der Körper in Leiter der ersten und zweiten Klasse geführt. Unter ersteren werden die festen Körper, welche Leiter der Elektricität sind, wie die Metalle, Kohle u. s. w. verstanden, unter der letzteren Flüssigkeiten, welche die Elektricität leiten. Wir gehen jetzt zu den wichtigen Apparat, welche die Wissenschaft Volta verdankt, über und werden ihn nach den beiden herrschenden Meinungen in der Eigenthümlichkeit seiner Wirkung beschreiben.

§. 2.

Die Voltaische Säule. Die Zambonische Säule. Die Säule von Gassiot.

Die Eigenschaft der Leiter der zweiten Klasse die Elektricität, welche durch die Berührung der Leiter der ersten Klasse entsteht, fortzuleiten, führte Volta zur Erfindung der nach ihm benannten Säule. Die Elemente dieser Säule sind auf einander liegende Leiter der ersten Klasse gewöhnlich Metallplatten, zwischen welchen sich leitende Flüssigkeiten, meist Tuch- oder Pappscheiben, welche damit getränkt sind, befinden. Man bedient sich gewöhnlich Zink- und Kupferplatten von der Größe der Thaler, zwischen welchen Tuchscheiben von etwas geringerem Umfang, welche mit Salzauflösungen oder verdünnten Säuren getränkt sind, gelegt werden. Bei dem Aufeinanderlegen der Platten muß die einmal begonnene Reihenfolge eingehalten werden, d. h. wurde mit Zink, Kupfer, nasser Leiter begonnen, so muß auch so fortgefahren werden. Die Figur stellt eine solche Säule dar. — Die erste Erscheinung, welche uns die Säule zeigt, ist die Zunahme der freien Elektricität nach ihren beiden Enden, welche man die Pole derselben nennt, und der Nullzustand der Elektricität in der Mitte derselben. Um diesen elektrischen Zustand erklären zu können, müssen wir zwei Dinge ins Auge fassen. Erstlich sind die Metalle als eine nicht zu erschöpfende Quelle der Elektricität anzunehmen. Die Elektricität, welche durch die Berührung der Metalle hervorgerufen wird, ist nur als eine sehr geringe Menge der Elektricität zu betrachten, welche sie besitzen, zweitens ist die Elektricität, welche durch die Berührung der Metalle auf ihren Oberflächen entstehen, kein Hinderniß für die Fortpflanzung freier Elektricität und ihre Beziehung zu einander werden durch Leitung derselben nicht verändert. Dieß vorausgesetzt ist es nun leicht die Steigerung der Elektricitäten nach den beiden Enden hin zu erklären. Durch die Berührung der untersten beiden Metalle ist in ihnen positive und negative Elektricität erregt. Die Flüssigkeit wirkt als Leiter. Sie wird also die negative der Kupferplatte ableiten und zu dem nächsten Plattenpaare führen. Und da die beiden auf einander liegenden Metallplatten in sich eine unerschöpfliche Quelle von Elektricität enthalten, so wird sich durch die Thätigkeit der Berührung die abgeleitete Elektricität wieder ersetzen, wodurch aber das Zink, von dem nichts abgeleitet wurde, an positiver Elektricität verstärkt werden



muß. Die negative Elektricität, welche zum nächsten Plattenpaare geleitet worden ist, verstärkt demnach die negative Elektricität der auf dem Zink liegenden Kupferplatte. Und da die negative Elektricität der Kupferplatte des zweiten Paares eben so zu der Kupferplatte des dritten Paares geführt wird, so sieht man ein, wie diese die dreifache negative Elektricitätsmenge von der enthalten muß, welche die erste Kupferplatte abgegeben hat.

Wir haben bei dieser Betrachtungsweise die Säule von unten nach oben verfolgt, indem wir von der Kupferplatte des ersten Paares ausgingen, wir wollen jetzt dieselbe anwenden und die Säule von oben nach unten zergliedern. Die Zinkplatte des ersten Paares hat positive Elektricität, diese wird nun durch den nassen Leiter zum zweiten Plattenpaare geführt, die nun verstärkte positive Elektricität der zweiten Zinkplatte wird zur dritten geführt und sofort wird mit jedem Plattenpaare die positive Elektricität des Zinks um eine Einheit verstärkt. Aus dieser Auseinandersetzung ist es vollkommen einleuchtend, wie sich die Elektricitäten nach den beiden Enden der Säule hin verstärken. Und da in der Mitte der Säule gleiche Elektricitätsmengen neben einander laufen, so ist klar, daß nach Außen ihre Wirkung null seyn muß.

Wird das eine Ende der Säule mit dem Fußboden in Verbindung gesetzt und also die Elektricität desselben abgeleitet, so steigert sich die Elektricität am entgegengesetzten Ende. Dieß ist genau dieselbe Erscheinung wie bei der Reibungselektricität, wo die Wirkung der Maschine durch leitende Verbindung des Reibzeugs mit dem Fußboden verstärkt wird. Es ist offenbar, daß die beiden an den Berührungsflächen der Metallplatten sich vorfindenden Elektricitäten sich in einem gewissen Grad binden. Nur ein Theil derselben wird daher zu dem nächsten Plattenpaare geführt. Wird nun aber die Endplatte mit dem Fußboden in Verbindung gesetzt und die Elektricität derselben abgeleitet, so wird in dem Maaß als diese abgeleitet wird, die Elektricität der sie berührenden Platte in Freiheit gesetzt. Hierdurch wird nun bewirkt, daß eine größere Menge Elektricität der zweiten Platte durch den nassen Leiter fort und so weiter zur Endplatte geführt werden kann.

Wegen des Streits der zwischen den Physikern über den Ursprung der Elektricität in der Säule stattfindet, dürfte es zweckmäßig seyn, zunächst die Säulen aufzuführen, bei welchen es weniger wahrscheinlich ist, daß die Erregung der Elektricität chemischen Ursprungs ist. Zu diesen ist vor Allem die trockne oder die Zambonische Säule zu rechnen. Sie besteht aus Scheiben von unächtem Silber- und Gold-

papier, welche so aufeinander gelegt werden, daß sich die Metallflächen berühren. Der Metallüberzug besteht beim Silberpapier aus Zinn, beim Goldpapier aus Kupfer. Das dazwischen befindliche Papier mit der darin enthaltenen Feuchtigkeit dient als Leiter zweiter Klasse. Die Scheiben müssen immer in derselben Ordnung aufeinander gelegt werden, so daß, wenn mit der Silberseite angefangen, mit der Kupferseite der Scheiben geendet werden muß. Man bringt sie in eine Glasröhre und preßt sie stark zusammen. Eine Säule dieser Art, welche aus 1000 bis 2000 solcher Scheiben besteht, zeigt an ihren beiden Enden freie Elektricität. Die Wirkung dieser Säulen ist jedoch im Vergleich mit der gewöhnlicher voltaischen Säulen, welche aus Metallplatten und Salzauflösungen zusammengesetzt sind, außerordentlich schwach. Es gelang noch nicht chemische Zersetzungen mit ihr hervorzubringen. Nach der Contakttheorie erklärt man die geringe Wirkung dieser Säulen aus dem schlechten Leitungsvermögen des zwischen den Metallbelegen befindlichen Papiers, welches der Fortpflanzung der Elektricität einen Widerstand entgegensetzt. Dagegen zeichnet sie sich durch die Fortdauer ihrer Wirkung aus. Man hat von dieser Eigenschaft folgende Anwendung in einem Apparat gemach, welcher den Namen führt: das zwischen den Polen zweier Zambonischen Säulen schwingende Pendel oder das sogenannte elektrische perpetuum mobile. Zwei Zambonische Säulen, von welchen jede etwa zweitausend Scheiben enthält, werden so nebeneinander gestellt, daß sie mit den ungleichnamigen Polen einander gegenüber stehen. Diese beiden Pole sind, um ihre elektrischen Kräfte zu concentriren, mit metallenen Knöpfen versehen. Ihre unteren Enden sind in leitender Verbindung gesetzt, wodurch sie eine Säule bilden, deren beide ungleichnamigen Pole einander gegenüber stehen. Zwischen den beiden Polen ist ein leicht beweglicher, metallener Pendel angebracht, wie Figur zeigt.

Ist der Pendel gerade in der Mitte zwischen beiden Polen, so befindet er sich im Gleichgewicht Beide Elektricitäten der Pole bringen eine Vertheilung der Nullelektricität des Pendels hervor; es wird auf der einen Seite positive, auf der anderen negative Elektricität frei. So wie man den Pendel etwas auf die eine Seite neigt, wird das Gleichgewicht aufgehoben, die freie Elektricität des Pols, dem der Pendel genähert wurde, hat jetzt das Uebergewicht und zieht ihn zu sich. So wie er aber die Kugel des Pols berührt, gleichen sich die entgegengesetzten Elektricitäten aus

und der Pendel erhält nun durch Mittheilung gleichnamige Elektricität. Nachdem dieser Zustand eingetreten ist, wird der Pendel abgestoßen und bewegt sich auf die andere Seite. Die Bewegung dahin ist theils die Folge der Abstoßung, theils der Anziehung des Pols, dem sich nun der Pendel nähert, der die entgegengesetzte Elektricität desselben hat. Indem er an die Kugel des Pols anstößt, gleichen sich die entgegengesetzten Elektricitäten aus, der Pendel erhält durch Mittheilung gleichnamige und wird nun wieder abgestoßen. Das hiesige physikalische Kabinet besitzt ein sehr schönes Exemplar dieses Apparats vom Mechanikus Butzenzeiger in Tübingen verfertiget. — Es befindet sich in einem Saal des physikalischen Kabinets, der im Winter nicht geheizt wird. Seit ungefähr zehn Jahren bewegt sich der Pendel hin und her. Nur im Winter bleibt er mitunter stehen, wahrscheinlich in Folge der Feuchtigkeit der Luft, welche den Polen Elektricität entzieht und hierdurch die Wirkung der Säulen schwächt. Auch vermindert die Temperaturerniedrigung die elektrische Erregung.

Eine zweite Säule, bei welcher die chemische Wirkung der Flüssigkeit auf die Metallplatten auf ein Minimum zurückgebracht ist, ist die von Gassiot angegebene. Es ist dieß eine Säule, welche aus 3520 Zinkstäben und Kupfercylindern zusammengesetzt ist, zwischen welchen sich Wasser befindet. Es wurde Regenwasser angewendet. Diese Säule zeigte folgende Erscheinung. Ein Goldblatt-Elektrometer divergirte schon, wenn er einem der Pole auf zwei bis drei Zoll genähert wurde. Durch leitende Vereinigung der Pole war die freie Elektricität an den Polen aufgehoben. Eine Verstärkungsflasche konnte durch Verbindung des äußeren und inneren Belegs mit den Polen geladen werden. — Wurden die Pole der Säule bis auf $1/30''$ genähert, so schlugen unausgesetzt Funken über. Die Säule zeigte mehrere Monate nach ihrer Errichtung keine Abnahme von Kraft.

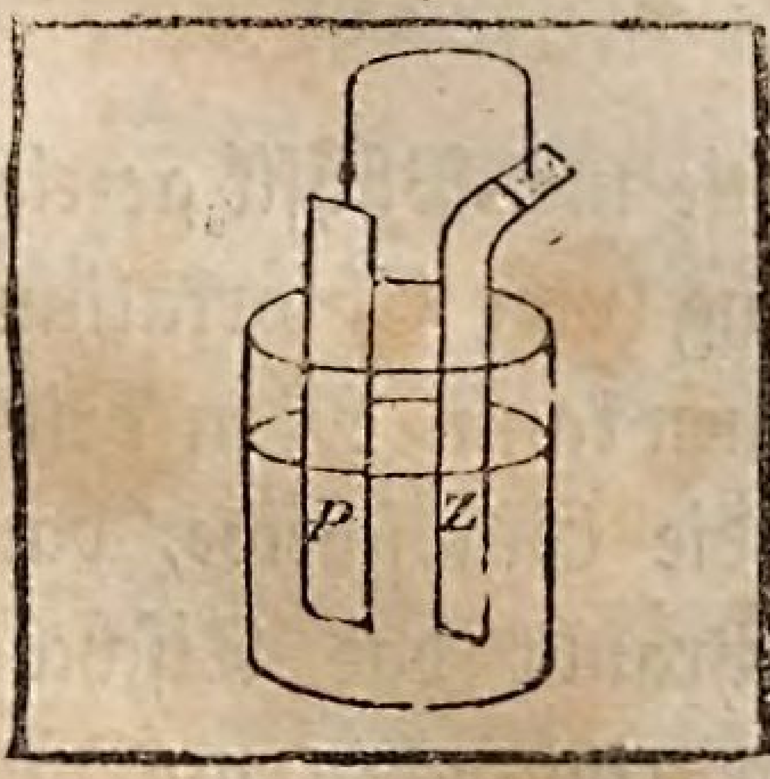
§. 3.

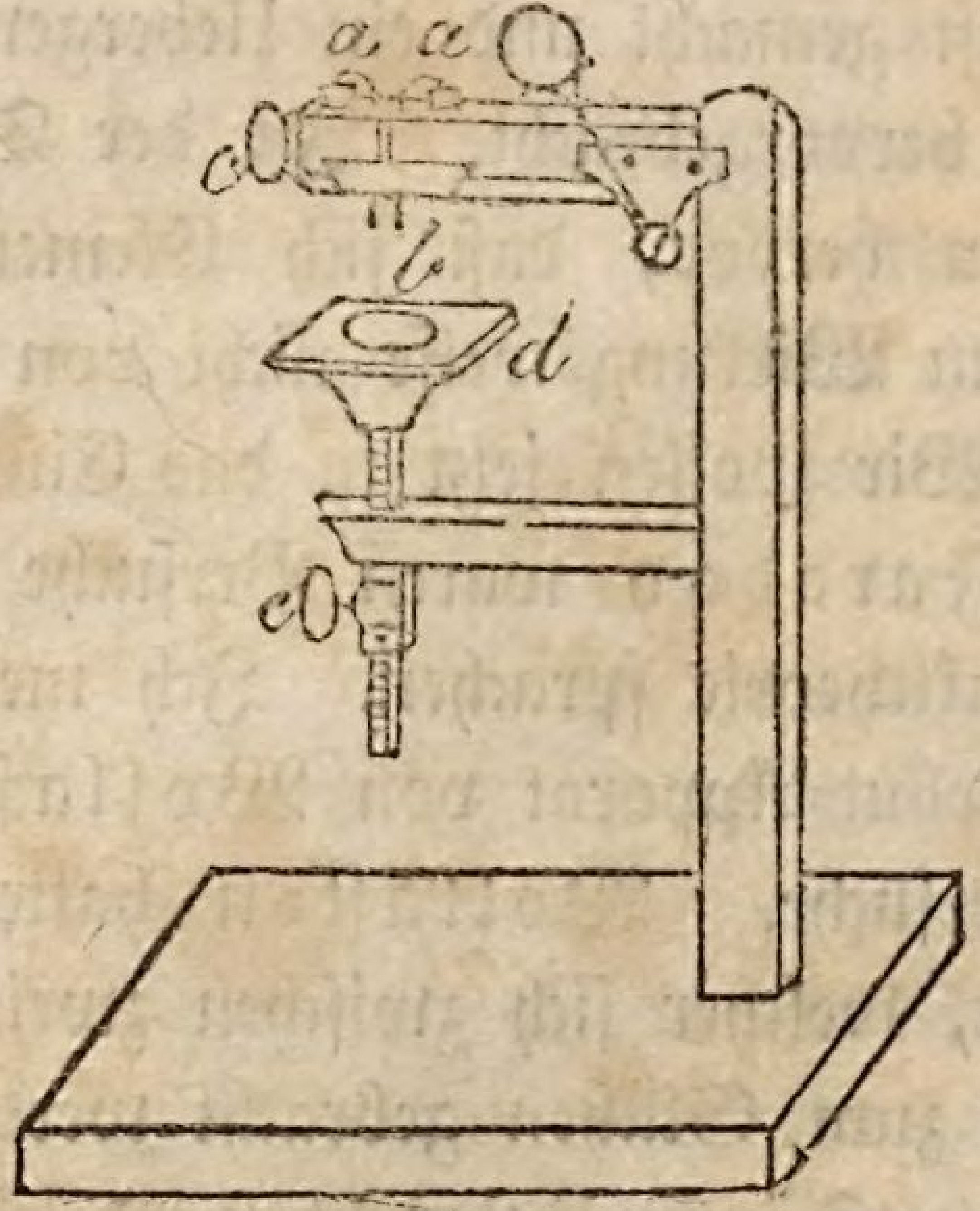
Grundversuche für die chemische Theorie der Säule. Jodgalvanometer. Die chemische Theorie mit einer gewissen Modifikation.

Obwohl bald nach Erfindung der Säule die große Verstärkung der Wirkung derselben bei Anwendung von Flüssigkeiten, welche eine chemische Einwirkung auf die Metalle ausüben, aus welchen sie zusammengesetzt, Veranlassung zu der Ansicht gab, daß ihre Wirkung wohl von der chemischen Thätigkeit derselben auf die Metalle herrühre, so wurde diese Ansicht doch wieder veranlassen, weil sich die Erscheinungen der Säule nach der voltaischen Theorie genügend erklären ließen. Neuer-

dings haben nun Versuche, hauptsächlich angestellt von Faraday, die voltaische Erklärung sehr zweifelhaft gemacht und ein Uebergewicht auf die Seite der chemischen Ansicht hervorgebracht. In der That geht auch so viel aus seinen Versuchen hervor, daß sich Elemente einer Säule zusammen setzen lassen, deren Wirkungsweise nicht von der Berührung der Metalle abhängen. Wir wollen jetzt in das Einzelne der Versuche eingehen. Schon vor Faraday waren Versuche bekannt, welche nicht zu Gunsten der Contakttheorie sprachen. Ich meine hiermit die mit dem sogenannten Fingerhut-Apparat von Wollaston und den Deflagratoren angestellten Versuche. Wollaston hatte nämlich gezeigt, daß ein feiner Platindraht, welcher sich zwischen zwei Metallplatten befindet, durch Elektricität zum Glühen gebracht werden kann, wenn die Metallplatten in verdünnte Säuren gebracht werden und daß dieß Glühen um so leichter erfolgt je größer die Oberfläche der Metallplatten ist, welche mit den Flüssigkeiten in Berührung gebracht werden. Nun ist es zwar nach den zweiten Theil des voltaischen Grundversuchs einerlei, ob die Metalle sich unmittelbar berühren oder ob sie durch einen Leiter verbunden werden. Der Leiter ist hier der feine Platindraht. Da jedoch auch die die Metalle chemisch angreifende Flüssigkeiten Elektricität erzeugen, so ließe sich auch die Ansicht hören, daß die Elektricität, welche den Draht zum Glühen bringt, auf diese Weise erregt worden sey.

Faraday veränderte nun diesen Versuch in der Art, daß er an die Stelle des Platindrahtes eine leicht durch Elektricität zersetzbare Flüssigkeit anwendete. Er wendete hierzu Jodkalium an, welches mit Stärkekleister gemengt, sogleich das durch Elektricität ausgeschiedene Jod anzeigt. Als Elektricitätserreger oder Elektromotor bediente er sich einer Vorrichtung, welche hier abgebildet ist. Z ist ein oben etwas umgebogener Zinkstreifen, auf welchem ein Stückchen Filtrirpapier getränkt mit einer Lösung von Jodkalium und Stärke liegt, P ist ein Platinblech, an welchem ein Platindraht angelöthet ist. Er ist umgebogen und berührt mit seinem Ende das erwähnte Papier. In dem Glas befindet sich verdünnte Salzsäure. So wie die Elemente zusammengebracht werden, findet eine Zersetzung des Jodkaliums durch die Elektricität statt und man gewahrt an dem Ende des Platindrahts eine Schwärzung, welche zum Beweis dient, daß an dieser Stelle das Jod aufgetreten ist. Ich stelle diesen Versuch mit einer Vorrichtung an, deren Abbildung hier folgt, welcher





ich den Namen Jodgalvanometer gegeben habe. Sie läßt sich zu allen Versuchen anwenden, wo Zersetzungen durch Elektricität im Kleinen vorgenommen werden sollen. Auf das Glasscheibchen b wird ein Gemenge von Jodkalium und Stärkekleister gebracht und in die Näpfchen a, welche mit Quecksilber angefüllt sind, werden die Enden der mit den beiden Metallen verbundenen Platindrähte gesteckt. Als Elektromotor gebrauche ich einen Platintiegel, der mit einer runden Pappscheibe bedeckt wird, durch deren Mitte ein Zinkstängelchen gesteckt ist, welches aber den Boden des Platintiegels nicht berühren darf. Die Enden der Drähte, welche zum Galvanometer führen werden um den Platintiegel und um das Zinkstängelchen herumgewickelt. Man gießt in dem Platintintiegel irgend eine verdünnte Säure oder Salzauflösung und steckt, nachdem man die Enden der Drähte in das Galvanometer gefügt hat, das Zinkstängelchen in dieselbe. Nachdem dieß geschehen ist, schraubt man das Tischchen in die Höhe, so daß nun die beiden Platindrähte in die Jodkaliumstärke tauchen. Man wird sogleich eine Schwärzung des Drahtendes gewahren, welcher dem Draht angehört, der vom Platintiegel kommt. — Dieser Versuch gelingt schon, wenn man ein amalgamirtes Zinkstängelchen anwendet und destillirtes Wasser in den Platintiegel gießt.

Ich habe in meinen neuen Beiträgen zur Chemie und Physik gezeigt, daß man sich mit gleichem Erfolg einer Mischung von Chlorkaliumpulver mit einer weingeistigen Guajaklösung bedienen kann. Man bringt erst eine Messerspitze von Chlorkaliumpulver auf die Glasscheibe, dann setzt man einen Tropfen Guajaklösung hinzu, schraubt das Tischchen in die Höhe, so daß die Enden der Platindrähte eintauchen und fügt einen Tropfen Wasser darauf, um die Mischung leitender zu machen. Man wird dann finden, daß das Ende des Drahtes, welcher mit dem Platintiegel verbunden ist, sich stark bläut. — Eine Vorrichtung dieser Art, bei welcher Elektricität durch zwei Metalle oder Leiter der ersten Klasse und eine Flüssigkeit erzeugt wird, nennt man eine hydroelektri-

sche Kette. Es ist durch diesen Versuch außer allen Zweifel gesetzt, daß Elektricität oder wie man hier, wo die Elektricität durch einen Draht hindurchgeführt wird, sagt, ein elektrischer Strom durch zwei Leiter der ersten Klasse und eine Flüssigkeit ohne Berührung der ersteren erzeugt werden kann.

Man braucht aber auch nicht einmal zwei Metalle. Schon zwei Stücke ein und desselben Metalls, welche in zwei von einander verschiedene Flüssigkeiten tauchen, welche miteinander in Berührung stehen, sind hinreichend einen Strom zu erregen. Man nehme zwei Stäbchen nicht zu dünnen Eisendrahts, mache sie blank und wickle um das eine Ende eines jeden einen Metalldraht, dessen freies Ende in die Quecksilbernäpfchen des Jodgalvanometers getaucht werden. Hierauf nehme man ein cylindrisches Gläschen und stelle in dasselbe einen porösen Thoncylinder, gieße in diesen concentrirte Salpetersäure von 1,4 und in den äußeren Raum verdünnte. Man nehme jetzt die beiden Eisendrähte und tauche sie mit ihren nichtumwickelten Enden in die beiden mit Säure erfüllten Räume. Anfänglich werden beide Drähte von der Säure angegriffen und man sieht keine Reaktion am Jodgalvanometer. Indem man aber den Draht, den man in die concentrirte Säure taucht, herauszieht und wieder eintaucht, verliert sich der Zustand, in welchem er angegriffen wird und er geht in einen über, in welchem er der Wirkung der Säure widersteht. Man nennt diesen den passiven Zustand. So wie er in diesen übertritt, beobachtet man sogleich eine Reaktion am Jodgalvanometer und zwar schwärzt sich das Ende des Drahtes, welches mit dem passiven Eisendraht in Verbindung steht. — Es geht aus diesem Versuch hervor, daß eine bloße Veränderung in der Beschaffenheit der Oberfläche schon hinreichend ist, Stücke ein und desselben Metalls in einem Zustand zu versetzen, vermöge welchem sie mit einer Flüssigkeit einen elektrischen Strom hervorbringen.

Werden zwei Zink- und zwei Kupferbleche von einer Quadratzoll-Oberfläche mit destillirtem Wasser zu einer Säule verbunden, so daß also in Verbindung sind, Zink, Kupfer, Wasser, Zink, Kupfer und werden die Enden dieser kleinen Säule mittelst Leitungsdrähten mit einem Magnetgalvanometer, einer Vorrichtung, welche später beschrieben wird, verbunden, so ist die Wirkung, welche damit gemessen wird, genau dieselbe, wie die, wenn man Platten von doppelter Größe angewendet, aber die Oberfläche der sie berührenden Flüssigkeit nicht vergrößert hätte. — Da nun die freie durch das Elektrometer meßbare Elektricitätsmenge, welche durch Berührung der Metallflächen entsteht, mit der Größe der sich berührenden Oberflächen zunimmt, so ist es

wohl der einfachste Schluß, den man ziehen kann, daß die Ursache der Elektricitätserregung der Säule nicht in der Berührung der Metallflächen, wie es Volta meint, zu suchen sey, sondern in der Berührung der Metallflächen mit den Flüssigkeiten. M. u. B. I. 47.

Wenn nun die Wirkung der Säule von der Einwirkung der Flüssigkeiten auf die Metallplatten herrührt, so entsteht die wichtige Frage, von welcher Art diese Wirkung sey, ist sie im gewöhnlichen Sinn chemisch oder müssen wir dem Begriff der chemischen Einwirkung eine größere Ausdehnung geben. Die chemische Ansicht von der Wirkung der Säule im engeren Sinn nimmt an, daß die Elektricitätserregung da stattfinde, wo eine chemische Einwirkung der Flüssigkeit auf das Metall vor sich gehe. Bei obigem, von Faraday angestellten Versuche, bei welchem Zink, verdünnte Salzsäure und Platin zusammen gebracht wurden, würde also, da die Säure das Platin nicht angreift, hingegen das Zink, die Elektricitätserregung von der Oberfläche des Zinks ausgehen. Und da das Zink durch Eintauchung in die Säure negativ=elektrisch erregt wird, so würde die positive Elektricität in die Flüssigkeit treten oder es würde in der Sprache der Unitarier die Elektricität vom Zink hinweg zum Platin gehen und von diesem durch den Leitungsdraht wieder zurück zum Zink sich bewegen. — Wir haben Gründe, welche später bei der Lehre von der Elektrolyse auseinandergesetzt werden sollen, anzunehmen, daß bei jeder Leitung der Elektricität durch eine Flüssigkeit zugleich eine Zersetzung eintritt, und daß die Elektricität sich mit einem Bestandtheil vereiniget und mit diesem durch die Flüssigkeit hindurchgeht und ihn da absetzt, wo sie wieder in einem festen Leiter übertritt. — Nach dieser Auseinandersetzung erklärt sich ein Versuch sehr einfach, den man lange Zeit als einen solchen betrachtete, der ein Beweis für die Thätigkeit der Berührungselektricität in der hydroelektrischen Kette sey.

Man bringe in ein cylinderförmiges Gläschen in einigem Abstande ein Zinkstängelchen und ein Platinblech, beide an einem Stückchen Holz befestiget, so daß sie in vertikaler Richtung darin enthalten sind. In das Gläschen gießt man verdünnte Säure, etwa Schwefelsäure. So lange die beiden Metalle nicht leitend miteinander verbunden sind, findet nur die gewöhnliche Einwirkung der Säure auf das Zink statt und man sieht längst der Oberfläche desselben Gasblasen von Wasserstoff aufsteigen. So wie man aber die beiden Metalle leitend miteinander verbindet, indem man z. B. auf ihre beiden oberen Enden ein Metallstängelchen legt, so hört die Gasentwicklung am Zink auf und man beobachtet jetzt die Entwicklung des Wasserstoffgases am Platin. —

Man hat diesen Versuch früher als recht entscheidend für die Contakttheorie betrachtet, indem man sagte, durch die leitende Verbindung werde nach dem zweiten voltaischen Grundversuch das Platin negativ-elektrisch, die negative Elektricität des Platins ziehe den positiv-elektrischen Wasserstoff an und dieser trete nun an der Oberfläche des Platins auf.

Es läßt sich dieser Versuch jedoch auch vollkommen genügend nach der chemischen Ansicht erklären. Durch die Einwirkung der Säure auf das Zink, wird dasselbe negativ-elektrisch und die positive Elektricität tritt in die Flüssigkeit. So wie das Platin mit dem Zink leitend verbunden wird und also auch negativ-elektrisch wird, zieht es die positive Elektricität, welche in der Flüssigkeit sich befindet, an. Da aber die positive Elektricität sich nicht fortpflanzen kann, ohne in Verbindung eines Bestandtheils zu seyn, so tritt sie in Verbindung mit dem Wasserstoff, führt diesen zum Platin und setzt ihn an der Oberfläche desselben ab.

Die chemische Ansicht läßt sich jedoch in der hier mitgetheilten Einfachheit nicht durchführen, denn es giebt einfache Ketten, bei welchen die Metalle mit Flüssigkeiten zusammengebracht werden, welche im gewöhnlichen Sinn genommen, keine chemische Einwirkung auf dieselben ausüben.

Ich habe über diesen bemerkenswerthen Umstand selbst Versuche angestellt und hatte die Ergebnisse derselben der physikalischen Sektion der Versammlung der Naturforscher in Erlangen im Jahre 1840 vorgelegt. Es war mir darum zu thun, theils Flüssigkeiten aufzufinden, welche Zink nicht chemisch angreifen, um mittelst ihnen Ketten zu construiren, theils Versuche mit chemisch reinem Wasser anzustellen. Um Letzteres rein von Luft zu erhalten, hatte ich mir einen Apparat vorgerichtet, mittelst welchem im luftleeren Raume, nachdem Wasser darin ausgekocht worden war, ein Zink- und Kupferstängelchen, beide mit Leitungsdrähten verbunden in dasselbe eingeschoben werden konnten. Beim Auskochen des Wassers unter der Luftpumpe kann man sich leicht überzeugen, ob das Wasser luftleer ist. Anfänglich entwickeln sich beim Auskochen kleine und große Blasen. Die ersteren rühren von der Luft, die andere vom Wassergas her. Sobald die kleinen Blasen aufgehört haben sich zu entwickeln, bilden sich nur noch große Blasen, welche deutlich darthun, daß nun nur noch Wassergas sich entbindet. Nachdem dieser Moment eingetreten war, wurden die beiden Stängelchen eingeschoben. Die Leitungsdrähte, deren Enden mit Jodkaliumstärke in Verbindung gesetzt waren, zeigten jetzt die bekannte

Reaktion. Dasselbe Ergebniß erhielt ich auch, als ich unter Oel ausgekochtes Wasser anwendete. — Auch der Versuch, welcher bereits erwähnt wurde, bei welchem in destillirtes Wasser, welches sich in einem Platintiegel befindet, ein amalgamirtes Zinkstängelchen getaucht wird und einen am Jodgalvanometer zu bemerkenden Strom erzeugt, kann hierher gerechnet werden. Ebenso läßt sich eine Kette aus Platinblech Wasser und braunem Bleioxyd zusammensetzen. Die Sache ist jedoch wegen der Natur des braunen Bleioxyd, welche in chemischelektrischer Beziehung noch mehr studirt werden muß, weniger einfach, als bei den anderen erwähnten Ketten. — Aber wäre es nicht möglich, daß die bloße Berührung der Metalle mit Flüssigkeiten ohne chemische Einwirkung schon Elektricität erregte, ebenso wie die Metalle bei ihrer gegenseitigen Berührung und daß hierin der Grund der Elektricität der Ketten und Säulen zu suchen sey? Auch hierüber habe ich Versuche angestellt, welche jedoch nicht günstig für diese Ansicht ausgefallen sind, indem fast durchgängig die Metalle bei der Berührung mit Flüssigkeiten negativelektrisch werden. Aus Analogie mit anderen Erregungsweisen der Elektricität sollte aber angenommen werden, daß zur Erregung eines elektrischen Stroms die beiden Metalle entgegengesetzt elektrisch seyn müßten.

Wir können jedoch nach theoretischen und Erfahrungsgründen unseren Begriffen von der chemischen Einwirkung von Flüssigkeiten auf Metalle eine größere Ausdehnung geben. In erster Beziehung ist es einleuchtend, daß, wenn wir uns ein Metall mit einer Flüssigkeit in Berührung gesetzt denken, welche einen Bestandtheil enthält, zu welchem dasselbe chemische Verwandtschaft hat, noch ehe die chemische Verbindung erfolgt, sich die Theile um dasselbe gruppiren müssen. Etwa wie ein Metall, welches mehrere Oxydationsstufen eingeht, erst die niedere bildet, bevor es zur höheren übergeht. Dieser theoretische Schluß wird vollkommen durch die Erfahrung bestätiget. Wir können Metalle anführen, welche dadurch, daß wir sie in Gasarten tauchen in einen eigenthümlichen elektrischen Zustand versetzt werden. So verhalten sich Stücke Platin, Gold, Eisen, welche in Wasserstoffgas eingetaucht worden sind, gegen andere, welche in ihrem gewöhnlichen Zustand sich befinden, zu einer Kette vereiniget, positivelektrisch. Der Grund dieses Verhaltens kann wohl in nichts Anderem enthalten seyn, als in einer Verdichtung des mit den Metallen in Berührung gebrachten Gases auf der Oberfläche derselben. Für diese Art von Verwandtschaft, durch welche Gase auf Oberflächen von Körpern verdichtet werden, aber keine chemische Verbindung damit eingehen, haben wir bis

jetzt noch keinen Namen. Ich würde vorschlagen sie adhärirende Verwandtschaft zu nennen.

Wir würden also annehmen können, daß ein leicht oxydirbares Metall, wie z. B. Zink in Berührung mit reinem Wasser noch bevor eine Zersetzung desselben hervorgebracht wird, vermöge adhärirender Verwandtschaft auf den Sauerstoff desselben wirke und diesen an seiner Oberfläche verdichte. Da wir nun, wie aus obigem Beispiel erhellet, erfahren haben, daß Metalle durch Berührung mit Wasserstoffgas positivelektrisch werden, so werden wir ganz folgerecht schließen können, daß die leicht oxydirbaren Metalle durch Verdichtung von Sauerstoff auf ihrer Oberfläche, in einen negativelektrischen Zustand übergeführt werden. Oder wir werden in der Sprache der Unitarier sagen können, durch die Verdichtung der Sauerstoffatome an der Oberfläche des Zinks, wird diesem Elektricität entzogen und diese dem Wasserstoff zugeführt. Die zwischen dem Zink und dem Wasserstoff liegenden Sauerstoffatome verhindern die Ausgleichung der entgegengesetzt elektrischen Zustände und wird nun dem andern in der Flüssigkeit befindlichen Metall, welches mit dem ersten eine Kette bildet, durch Berührung mit diesem ebenfalls Elektricität entzogen, so geht der mit Elektricität beladene Wasserstoff, vermöge elektrischer Anziehung, zu diesem tritt hier seine Elektricität ab und entwickelt sich gasförmig. Es liegt in der Natur der Sache, daß die adhärirende Verwandtschaft im geraden Verhältniß der gewöhnlichen stehe, d. h. daß diejenigen Metalle, welche die größte Verwandtschaft zum Sauerstoff haben, zugleich diejenigen sind, welche die Sauerstoffatome am stärksten auf ihrer Oberfläche verdichten. Es ist eine nothwendige Folge dieser Ansicht, daß zwei Metalle, welche ziemlich gleiche Verwandtschaft zum Sauerstoff haben nur eine schwache Wirkung, d. h. einen schwachen elektrischen Strom hervorbringen müssen, denn da sie beide fast gleich stark anziehend auf die Sauerstoffatome des Wassers wirken, so kann die elektrische Wirkung nur der Differenz dieser beiden Anziehungskräfte proportional seyn. Es werden daher zwei Metalle oder allgemein zwei Leiter der ersten Klasse um so geeigneter seyn eine Kette zusammenzusetzen, je verschiedener sie in ihrer verwandtschaftlichen Stellung zum Sauerstoff sind, z. B. ein leicht oxydirbares Metall wie Zink und ein schwer oxydirbares wie Platin wird am passendsten hierzu seyn. Hiermit stimmt die Erfahrung vollkommen überein, die Spannungsreihe lehrt uns, daß die Ketten um so stärker wirkend sind, je mehr die Metalle in ihr von einander entfernt sind. Man braucht aber nur die Spannungsreihe zu halbiren, um

sogleich zu erkennen, daß auf der einen Seite die leicht oxydirbaren, auf der anderen die schwer oxydirbaren Metalle sich befinden.

Aufbauung der elektrischen Säule nach der chemischen Ansicht. Wenn in der Säule die Elektricität an der Stelle entsteht, wo die Flüssigkeit chemisch auf das leicht oxydirbare Metall wirkt, so hat man nicht nöthig mit einem Plattenpaar anzufangen, sondern man wird mit diesem Metall die Säule aufzubauen anfangen müssen. Wir werden daher zuerst mit einer Zinkplatte anfangen, dann einen nassen Leiter folgen lassen und nachher das weniger oxydirbare Metall, bei der gewöhnlichen Säulen das Kupfer, hinzuzufügen haben.

Ich will diesen Paragraph, in welchem ich mich zu Gunsten einer modificirten chemischen Ansicht über die Elektricitätserregung in der Säule ausgesprochen habe mit der Erörterung folgender Frage schließen. Wie läßt sich nach der chemischen Ansicht und nach der von dem Vorhandenseyn nur einer Elektricität, die Steigerung des elektrischen Zustandes nach den beiden Enden der Säule erklären? — Eine nach der chemischen Theorie aufgebaute Säule endet mit einer Kupferplatte, unter welcher sich ein nasser Leiter befindet. Nach diesem kommt eine Zink- und unter ihr eine Kupferplatte. Die durch die Einwirkung der Flüssigkeit auf die Zinkplatte entstandene Elektricität wird durch den nassen Leiter zur Kupferplatte geführt. Ebenso erhält die unter der Zinkplatte befindliche Kupferplatte Elektricität zugeführt von der Zinkplatte des zweiten Paares. Und da kein Grund vorhanden ist, warum die Zinkplatte die Elektricität, welche die Kupferplatte erhalten hat, nicht weiter leiten soll, so wird diese der letzten Kupferplatte zugeführt. Man sollte meinen, daß die letzte Kupferplatte alle Elektricität der übrigen Platten aufnehmen sollte. Dieß geschieht jedoch deßwegen nicht, weil die Theile der Elektricität eine abstoßende Wirkung aufeinander ausüben. Es muß daher zwischen der Leitung der Elektricität nach dem Kupferende der Säule hin und der abstoßenden Kraft der Elektricität ein Gleichgewicht eintreten. Die Mengen der Elektricität müssen daher von dem Kupferende nach dem Zinkende hin eine abnehmende Reihe bilden. In der Sprache der Unitarier wird daher das Kupferende das Maximum der Glaselektricität, das Zinkende das der Harzelektricität haben oder wie man sich auch ausdrücken kann, es wird am Kupferende ein Uebergewicht der Elektricität, am Zinkende ein Mangel daran seyn.

§. 4.

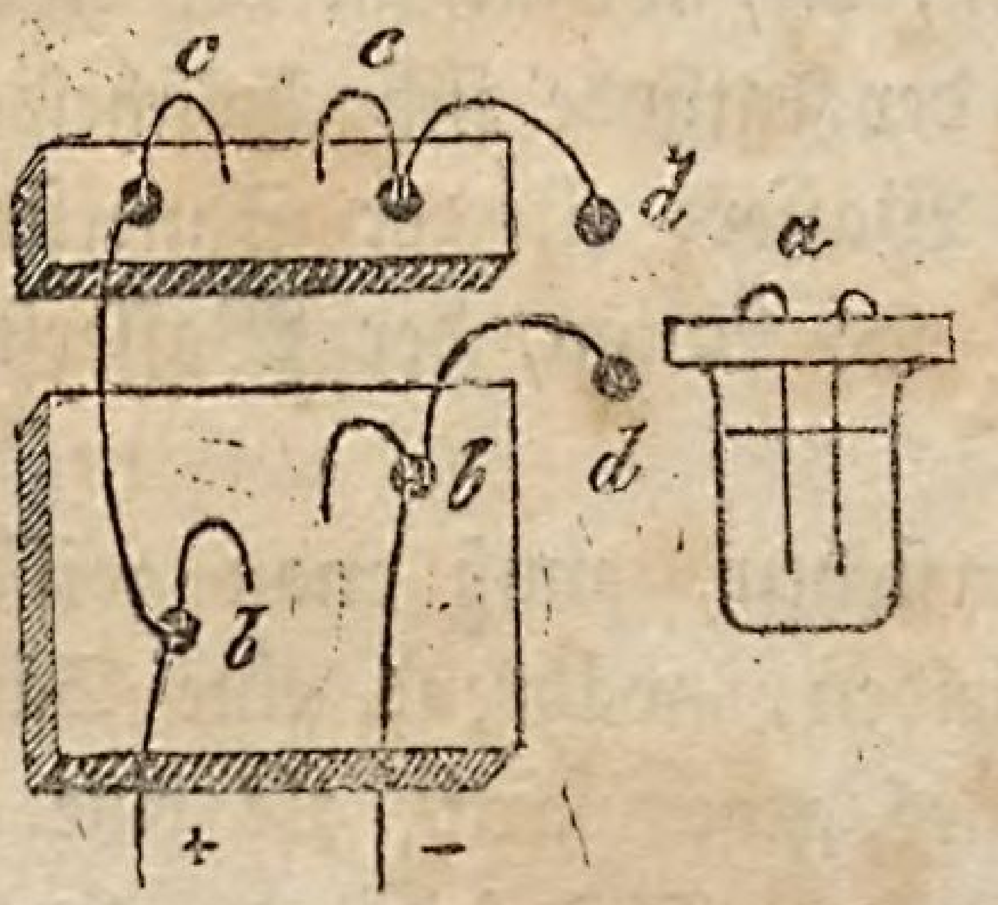
Von den Voltaischen Säulen insbesondere. Polarisation der Platten. Aeltere Einrichtungen derselben. Neuere. Die Daniel'sche Säule. Die Grove'sche. Cylinder von Gyps. Die Compressionssäule. Die Grove'sche Säule mit kleinen Platinelementen. Der Deflagrator. Die Kohlenbatterie von Bunsen.

Bevor wir den Leser in die Einzelheiten der Säule einführen, müssen wir denselben mit den neuen Benennungen bekannt machen, welche in Folge der chemischen Ansicht von der Entstehung der Elektricität der Säule durch Faraday in die Wissenschaft eingeführt worden sind. Er nennt die beiden Enden der Säule die Wege der Elektricität oder die Elektroden und unterscheidet nach dem Auftreten der beiden Elektricitäten die positive und die negative. Ebenso werden die beiden Leitungsdrähte, welche an den Polen angebracht sind und dazu dienen die Elektricitäten weiter zu führen, die Elektroden genannt. In Beziehung auf die Zersetzungen der Flüssigkeiten, welche durch die Elektricität der Säule bewirkt werden, wird die Seite derselben, welche der positiven Elektrode zugekehrt ist, die Anode, die der negativen zugekehrte die Kathode genannt. Flüssigkeiten, welche zersetzt werden, sind Elektrolyte und der Akt der Zersetzung ist die Elektrolyse. Die Stoffe, welche an den Elektroden auftreten, sind die Jonen, die, welche an der Anode auftreten, sind die Anionen, die, welche an der Kathode sich ausscheiden, die Kathionen. Bei der Zersetzung des Wassers ist der Sauerstoff, welcher an der positiven Elektrode auftritt, das Anion, der Wasserstoff das Kathion.

Um das Wesen einer Säule zu verstehen, muß man wissen, welche Veränderungen die Flüssigkeiten erleiden, während eine Säule in Wirksamkeit gesetzt wird. Man kann es gegenwärtig als eine erwiesene Thatsache ansehen, daß die Leitung der Elektricität durch eine Flüssigkeit zugleich mit einer Zersetzung derselben verbunden ist. Für diese Thatsache ist folgender Versuch, bei welchem ein äußerst schwacher elektrischer Strom schon eine Zersetzung hervorbringt, belehrend. Man bediene sich hierzu des bereits beschriebenen Elektromotors, welcher aus einem Platintiegel, in demselben eingegossenen destillirten Wassers und ein darin eingelassenes amalgamirtes Zinkstängelchen besteht. Der schwache elektrische Strom, der hierdurch erregt wird, ist stark genug, um eine Auflösung von Chlorkalium in Wasser zu zersetzen. Rührt man Etwas dieses Salzes mit einer weingeistigen Lösung von Guajakharz zusammen, der man einen Tropfen Wasser zugesetzt hat, um sie leitend zu machen, so wird es zersetzt, wie man an der Bläuung der positiven Elektrode wahrnimmt. Die nach unseren Begriffen starke Verwandtschaft zwischen Kalium und Chlor, wird also durch den

schwachen elektrischen Strom, den der angewendete Elektromotor hervorbringt, zersetzt.

So lange die Säule nicht geschlossen ist, ist die Wirkung der Flüssigkeit auf die damit in Berührung befindlichen Metallplatten aktiv, d. h. sie erregt durch ihre Einwirkung auf das leichter oxydirbare Metall Elektricität, welche auf die angegebene Weise von einem Ende zum anderen geführt wird. So wie aber die Säule geschlossen wird, d. h. so wie die beiden Pole leitend miteinander verbunden werden, findet eine Circulation des elektrischen Stroms durch den Leitungsdraht zur Säule, durch diese hindurch und von dieser wieder zum Leitungsdraht statt. Diese Circulation würde immer fortdauern, wenn die Flüssigkeit, welche zwischen den Platten sich befindet, nicht eine Zersetzung erlitte. Diese wird durch den elektrischen Strom zersetzt und es scheidet sich an der einem Metallplatte der eine Bestandtheil derselben, an der anderen der andere aus. Hierdurch erleiden aber diese Platten auf ihrer Oberfläche eine Veränderung, welche sehr wesentlich eingreifend auf die Wirkung der Säule ist. Von dieser Veränderung überzeugt man sich leicht durch folgenden Versuch, welcher mit einem Apparat angestellt wird, welchen beigegebene Figur vorstellt. a ist ein cylindrisches Gläschen, auf welchem ein Brettchen liegt, welches in der Mitte zwei Oeffnungen hat, durch welche zwei Platindrähte gesteckt sind, welche in die in dem Glas befindliche Flüssigkeit tauchen. Die anderen oberhalb des Brettchens befindlichen Enden der Drähte sind, in Vertiefungen geführt, in welchen sich Quecksilber befindet, welches dazu dient, die Drähte mit den Leitungsdrähten einer Säule in Verbindung zu bringen. Man sieht diese Vertiefungen in b und b in der zweiten Figur, welche die Ansicht des Brettchens von oben giebt. In das Gläschen wird eine Auflösung von schwefelsaurem Zinkoxyd gegossen und in die beiden mit Quecksilber gefüllten Vertiefungen werden die Leitungsdrähte einer Säule geführt. Sie sind auf der Figur mit + und — bezeichnet. Dieser Apparat wird nun mit dem Jodgalvanometer in Verbindung gebracht. Der dritte Theil der Figur giebt dasselbe von oben. c c sind die Quecksilbernäpfchen desselben. Auf das Glasscheibchen desselben wird eine Mischung von Jodkalium und Stärke gefügt und dieses gegen die Enden der Platindrähte geschraubt. Man taucht nun die

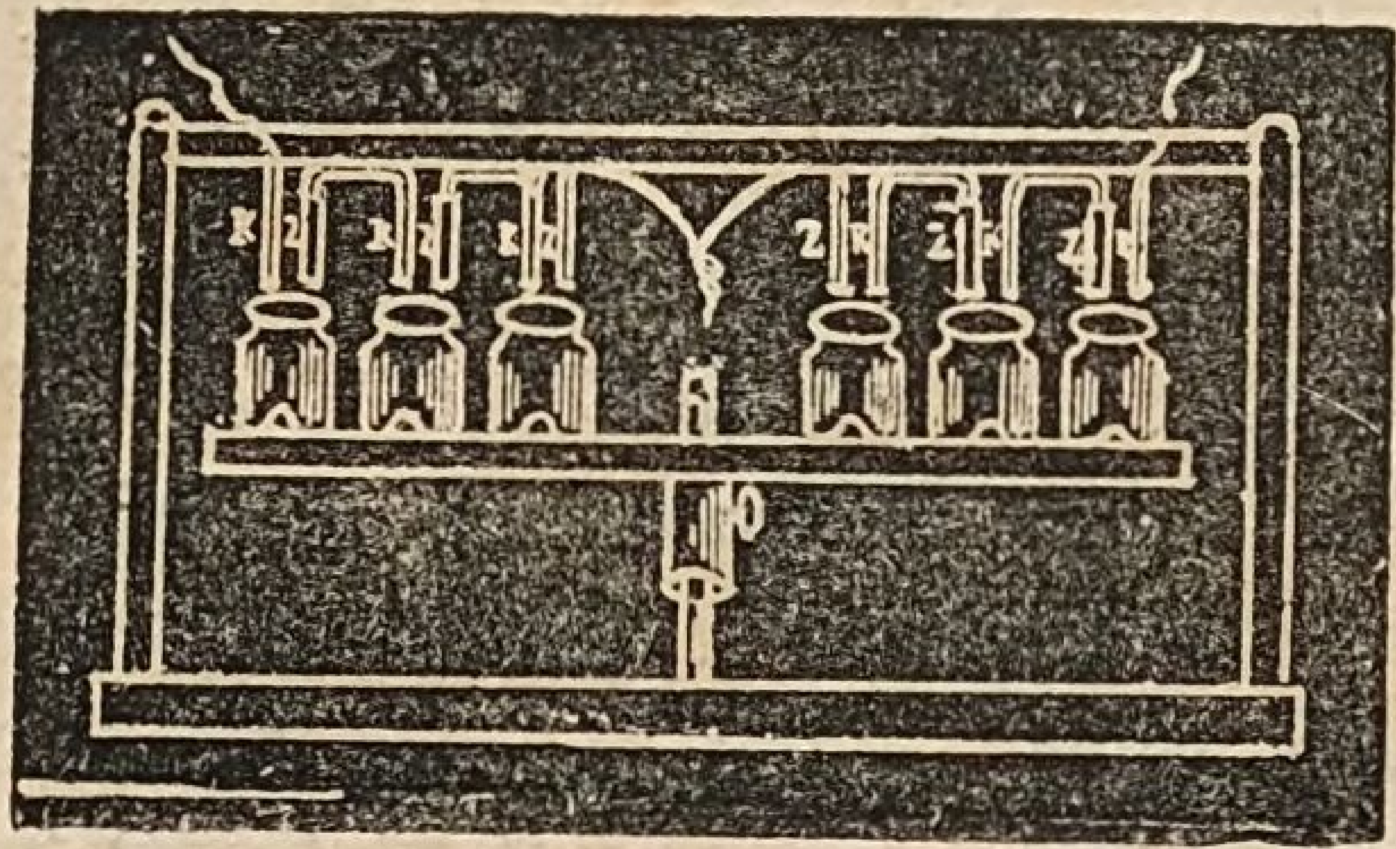


Leitungsdrähte einer Säule in die Quecksilbernäpfen bb und bringt hierdurch eine Zersetzung des schwefelsauren Zinkoxyds hervor. In Folge dieser Zersetzung scheidet sich an der negativen Elektrode metallisches Zink ab, während sich die positive Elektrode mit Säure umgiebt. Nachdem dieß erfolgt ist, entfernt man die beiden Leitungsdrähte der Säule und verbindet d und d mit einem Drahte und ebenso b mit c. Die ausgeschiedene Säure, welche jetzt nicht mehr von der positiven Elektrode gehalten wird, verbreitet sich nun durch die Flüssigkeit und löst das an der negativen Elektrode ausgeschiedene Zink auf. Hierdurch wird ein elektrischer Strom erregt, welcher jetzt durch das Jodgalvanometer nachgewiesen wird. Durch die Schwärzung des einen Drahts des Jodgalvanometers durch die ausgeschiedene Jodstärke wird ein Strom sichtbar, welcher von dem Platindraht, welcher mit Zink beschlagen ist, zu der andern geht, von da fortgeleitet in die Jodkaliumstärke eintritt und diese zersetzt. — Dasselbe, was hier zwischen den beiden Platindrähten vor sich geht, muß auch mit der Flüssigkeit, welche zwischen den Platten der Säule sich befindet, geschehen. Denken wir uns eine auf gewöhnliche Weise aufgebaute Säule, welche als nassen Leiter eine verdünnte Säure oder eine Salzauflösung enthält. Wir wollen annehmen, sie enthielte in den Zellen verdünnte Schwefelsäure. Durch die Einwirkung dieser auf das Zink entsteht schwefelsaures Zinkoxyd. Dieß wird durch den umkreisenden elektrischen Strom zersetzt und es wird das Zink zum Kupferelement geführt. Dieß beschlägt damit und muß nun mit der in der Flüssigkeit sich anhäufenden Säure einen Strom geben, der die entgegengesetzte Richtung von dem in der Säule hat. Die einfache Folge hiervon ist, daß der ursprüngliche Strom in der Säule geschwächt wird und nach einiger Zeit ein Gleichgewicht zwischen beiden Strömen eintreten muß. So wie dieser Moment eingetreten ist, hört die Elektricitätserregung, welche durch die Einwirkung der Schwefelsäure bedingt wurde, auf und die Säule tritt jetzt in einen Zustand, in welchem die zwischen den Platten befindliche Flüssigkeit gerade nur wie Wasser oder eine nicht im gewöhnlichen Sinn chemisch wirkende Flüssigkeit sich verhält. — Auf diese Weise erklärt sich die bekannte Erfahrung, daß Säulen, welche auf gewöhnliche Weise zusammengesetzt sind, aus Zink, verdünnte Säure, Kupfer, Zink u. s. w., wenn man sie längere Zeit stehen ließ, so daß bereits der schwefelsaure Zink zwischen den Platten efflorescirte doch noch immer eine schwache elektrische Thätigkeit zeigten. — Es wurde bei dieser Auseinandersetzung angenommen, daß die Schwächung des Stroms der Säule ausgehe von dem Metall, welches sich auf dem negativen

Element abgesetzt habe und daß das positive Element, bei dem gewöhnliche Säulen der Zink nichts zur Schwächung des Stroms beitrage. Es kann jedoch der Fall eintreten, daß auch eine Schwächung durch das positive Element hervorgebracht wird. Diese wird eintreten, wenn das Metall von der Art ist, daß durch die Einwirkung der in der Zelle befindlichen Säure ein Hyperoxyd entsteht, z. B. wenn bei dem Aufbau der Säule anstatt Zink, Blei angewendet wird und sich in der Flüssigkeit ein salpetersaures Salz befindet.

Aeltere Einrichtungen der Säulen. a) Bei dem Aufbau der Säulen, bei welchen Metallplatten und nasse Tuchscheiben aufeinander gelegt werden, wirkt der Umstand nachtheilig, daß das Gewicht der Platten die Flüssigkeit aus den nassen Tuchscheiben der unteren Paare ausdrückt. Um diesen Uebelstand zu beseitigen giebt man den Säulen eine horizontale Lage. Die Metallplatten sind ebenfalls zwischen Glasstäben aufgestellt, nur befinden sich an beiden Enden des Brettes, welches der Säule zur Unterlage dient, zwei vertikal stehende Bretter mit Schrauben, um die Platten zusammen zu schrauben.

b) Der Becherapparat. Zur Einrichtung dieses Apparats bedient man sich gewöhnlich cylinderförmiger Gläser, in welche Zinkkupferelemente, eingelassen werden. Es ist zweckmäßig die Elemente etwas von dem Boden der Gläser abstehen zu lassen, damit sich das durch die Einwirkung der Säure auf das Zink entstehende Zinksalz daselbst ansammeln kann.

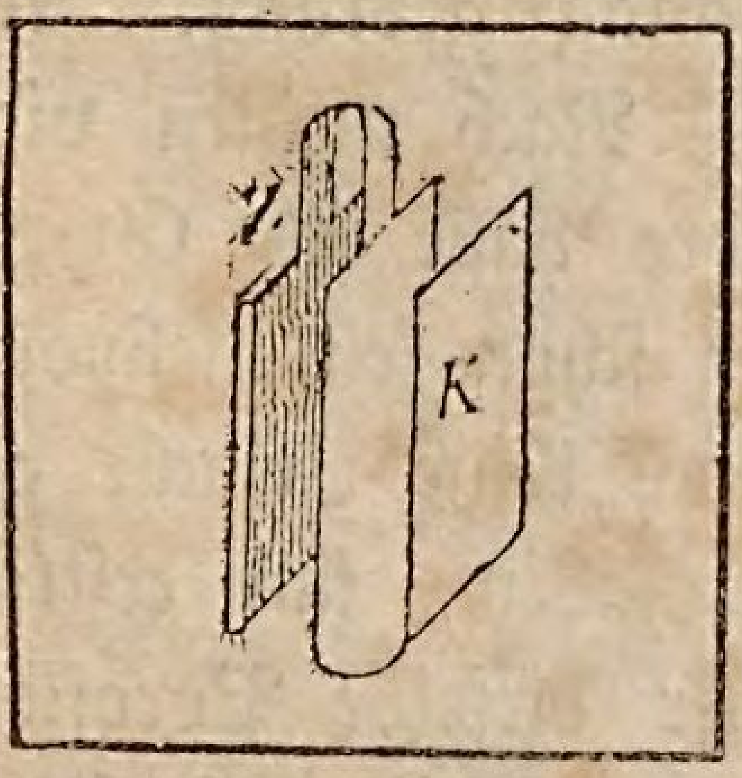


Es theilt sich dann weniger leicht der übrigen Flüssigkeit mit und bewirkt in einem geringeren Grad durch Zersetzung eine Schwächung der elektrischen Kraft der Säule. Die Figur giebt uns zwei kleine Becherapparate, ein jeder aus drei Bechern bestehend. Die Zink- und Kupferelemente sind an der oberen horizontalen Stange befestiget. Es ergiebt sich aus der Figur, wie sie von unten nach oben bewegt werden und wie dadurch die Metallelemente in die in den Gläsern befindlichen Flüssigkeiten eingelassen werden können. Die Abbildung giebt uns diese beiden Becherapparate, wie sie zu einem ganz bemerkenswerthen Versuch angewendet wurden. Die beiden entgegengesetzten Pole derselben sind in der Mitte der Figur leitend miteinander verbunden, die Drähte, welche zu den beiden anderen Polen führen, wurden mit dem Jodgalvanometer verbunden. Indem nun verschiedene Flüssigkeiten in die

beiden Apparate gebracht wurden, erhielt man zwei Säulen von verschiedener Stärke. Und da der Strom der Säule rechter Hand durch die Säule linker Hand hindurchgeführt wurde und umgekehrt, so konnte die Stromstärke beider mittelst des Jodgalvanometers miteinander verglichen werden. Unter den verschiedenen Versuchen, welche ich mit diesem Apparat angestellt habe, will ich folgenden anführen. In die drei Becher des einen Apparats wurde eine Auflösung von Jodkalium im Wasser von 1,087 f. G. gebracht, in die des anderen destillirtes Wasser. Bei diesem Versuch hatte das Wasser entschieden das Uebergewicht über die Jodkaliumlösung.

c) Der Trogapparat. Dieser besteht aus kupfernen Kästen, in welche Zinkplatten eingelassen werden, doch so, daß diese die Wände des Troges nicht berühren. Es wird dann die Zinkplatte, welche sich im ersten Trog befindet, mit dem zweiten Kupfertrog verbunden und so fort. Das eine Ende der Säule bildet der letzte Kupfertrog, das andere, die auf dem jenseitigen Ende befindliche freie Zinkplatte. — Da ich mich zum galvanischen Aetzen der Metallplatten eines Trogapparats bediene, so werde ich später eine zweckmäßige Einrichtung desselben beschreiben.

d) Eine ganz vorzügliche Einrichtung der Säulen ist von Faraday angegeben worden. Sie besteht darin, daß die Kupferbleche noch einmal so groß genommen werden, als die Zinkbleche und um diese umgebogen werden. Die Abbildung stellt ein solches Zinkkupferelement dar. Z und K bedeuten wie gewöhnlich Zink und Kupfer. Die zweite Zinkplatte wird mit dicker Pappe oder Tuch umgeben und in die Umbiegung der Kupferplatte gesteckt. Mehrere solche Elemente werden dann in einem Rahmen von Holz zusammengefügt und in verdünnte Säure eingelassen.



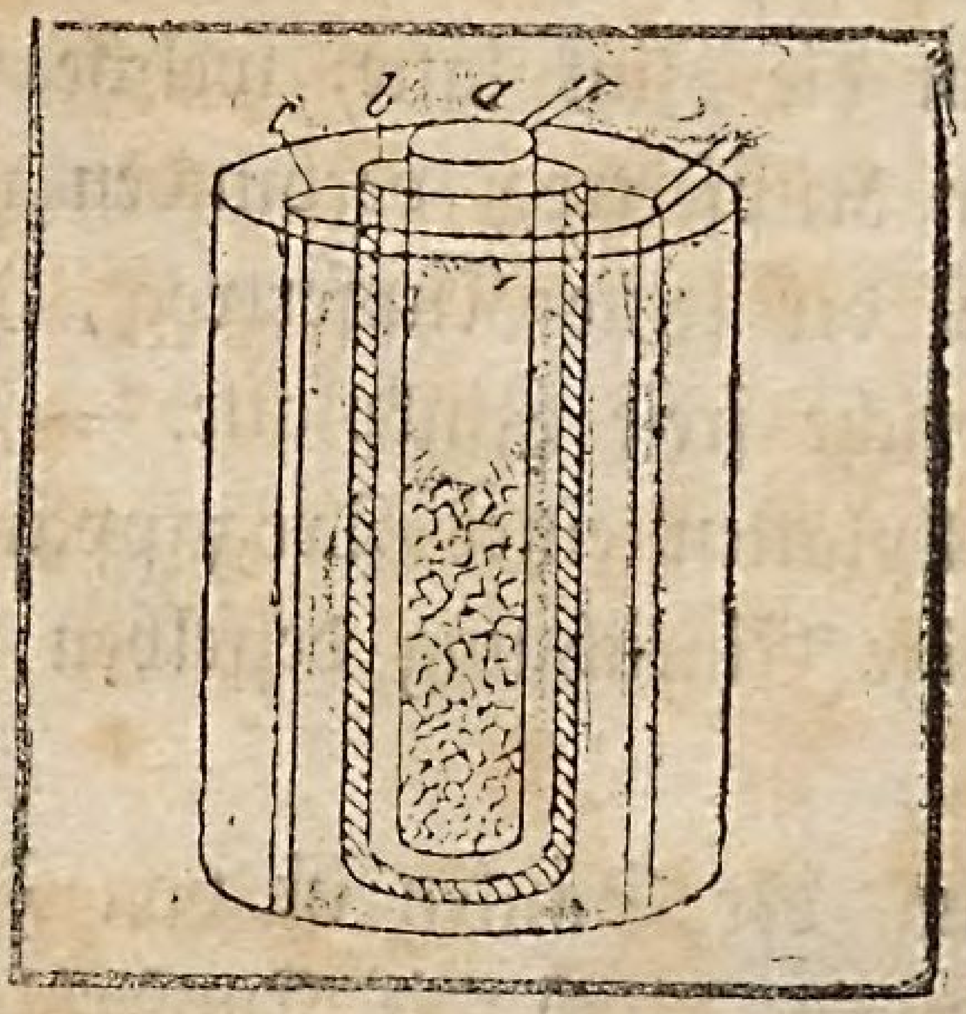
Die Wirkung dieser Säule ist deßwegen verhältnißmäßig gegen andere stark, weil die von beiden Seiten entwickelte Elektricität von dem Kupfer, als negatives Element, aufgenommen wird.

Es wäre nun noch übrig von Hare's Deflagrator zu berichten, ich werde dieß jedoch bis an das Ende der Lehre von den Säulen versparen, um mit dem Apparat zu schließen, welcher in seiner Wirkung am wesentlichsten verschieden ist von dem, mit welchem dieser Abschnitt begonnen wurde.

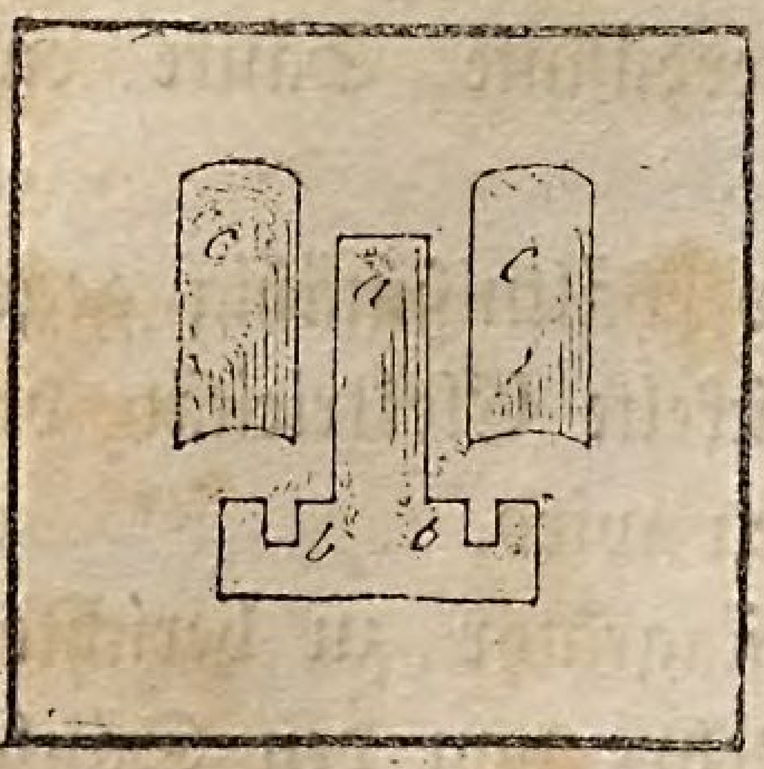
Neuere Einrichtungen der Säulen. Es wurde bereits bemerkt,

daß durch Zersetzung der Flüssigkeit in den nassen Leitern ein Gegenstrom entsteht, welche den ursprünglichen schwächt. Man hat allgemein diesen Zustand der Säulen, wodurch die Wirkung geschwächt wird, die Polarisation derselben genannt. Bei gewöhnlichen Säulen, bei welchen das positive Element Zink ist, geht die Polarisation vom negativen Element aus. Die große Beeinträchtigung, welche hierdurch die Wirkung der Säule erleidet, ist durch ein chemisches Mittel gehoben worden. Es besteht dieß darin, das negative Element der Säule mit einer Flüssigkett zu umgeben, welche zersetzt keinen Bestandtheil an demselben niederschlägt, welcher einen Gegenstrom erzeugen könnte.

a) Mit Sicherheit ist wohl zuerst durch Daniel ein Elektromotor dieser Art begründet worden. Er ist hier in der Figur abgebildet und



besteht aus folgenden Theilen. Aus einem cylinderförmig umgebogenen Stück Zinkblech, welches aus Gründen, welche später angegeben werden sollen, amalgamirt worden ist (c), aus einer porösen Scheidewand (b). Man hat hierzu Pappe, Blase, Zuckerpapier, schwach gebrannte Thoncylinder und Cylinder von nicht glasirten Porcellan in Vorschlag gebracht. Am meisten werden die beiden letzteren angewendet. — Nach meinen vielfältigen Erfahrungen über dergleichen Elektromotore habe ich Gypscylinder sehr brauchbar gefunden. Ich bediene mich schon seit mehreren Jahren ausschließlich dieser Cylinder und habe noch keine Ursache gehabt sie zu verwerfen. Die Vorzüge, welche sie haben, sind erstlich ihre große Wohlfeilheit, zweitens, daß sie immer dieselbe Porosität haben und drittens, daß man sie sich selbst anfertigen kann. Zur Anfertigung derselben dient eine Form von Holz, welche hier abgebildet ist.



a ist der mittlere Theil derselben, ein Cylinder von Holz, welcher einen Fuß hat, in dem sich ein kreisförmiger Einschnitt b befindet. In diesem passen zwei halbrunde Schienen von Holz, welche, wenn sie in den Einschnitt b gefügt sind, einen hohlen Cylinder bilden. Sie müssen von einer solchen Länge seyn, daß sie über den festen Cylinder a emporragen. Sie werden durch einen hölzernen Ring zusammengehalten, den man über sie hinwegschiebt. Ehe man den Gypsbrei in die Form

gießt, wird der feste Cylinder a mit etwas Filtrirpapier umwickelt und die Schienen c inwendig mit Talg geschmiert.

Man gießt dann den Gypsbrei hinein und läßt ihn darin hart werden. Nachdem dieß geschehen ist werden die Schienen hinweggenommen und der Gypscylinder behutsam über a hinweggezogen. — Vor dem Gebrauch müssen sie völlig ausgetrocknet werden.

Innerhalb des Raums, welchen die poröse Scheidewand bildet, kommt ein Kupferblech (a), welches ebenfalls cylinderförmig umgebogen ist. Es sind nun zwei Zellen gebildet, eine außerhalb der Scheidewand, in welcher sich das Zinkblech befindet, und eine innerhalb derselben, in welchem das Kupferblech enthalten ist. In die äußere Zelle gießt man zur Erregung der Elektricität eine verdünnte Säure, z. B. verdünnte Schwefelsäure, in die innere Zelle, welche das Kupferblech enthält, eine Auflösung von Kupfervitriol, in welche Stücke von diesem Salz hineingelegt werden. Wird nun das Zink mit dem Kupfer leitend verbunden, d. h. wird die Kette geschlossen, so geht der elektrische Strom vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupfer. Da aber der elektrische Strom nicht durch die Flüssigkeit gehen kann, ohne diese zu zersetzen, so nimmt sie den positiven Bestandtheil der Flüssigkeit mit sich und führt ihn durch die poröse Scheidewand in die zweite Zelle. Dieser ist unter vorliegenden Umständen anfänglich der Wasserstoff, später, wenn sich schwefelsaures Zinkoxyd gebildet hat, das Zink. So wie dieser in die innere Zelle gelangt desoxydirt er das Kupferoxyd und führt nun das metallische Kupfer als positiven Bestandtheil der inneren Flüssigkeit mit sich und setzt es an der Oberfläche des Kupfers ab, indem die Elektricität in das Kupfer übertritt.

Man hat Elektromotore dieser Art constante Ketten genannt, weil sie in der That eine bleibende elektrische Wirkung ausüben. Der Grund hiervon ist der, daß die Polarisation des negativen Elements, hier des Kupfers beseitiget ist, indem nur Kupfer daran niedergeschlagen wird und also kein Gegenstrom entstehen kann. — Säulen aus mehreren solcher Ketten zusammengesetzt geben ebenfalls eine bleibende Wirkung und sind ungemein kräftiger wirkend als die der älteren Einrichtung, weil bei diesen die Wirkung vom ersten Moment an abnimmt.

Ich will hier eine Säule beschreiben, welche ich aus Daniel'schen Elementen zusammengesetzt habe, und welche ich ihrer Wirksamkeit wegen, so wie wegen des kleinen Raums, den sie einnimmt, empfehlen kann. Siehe meine neuen Beiträge z. Ch. u. Ph. I. 8.

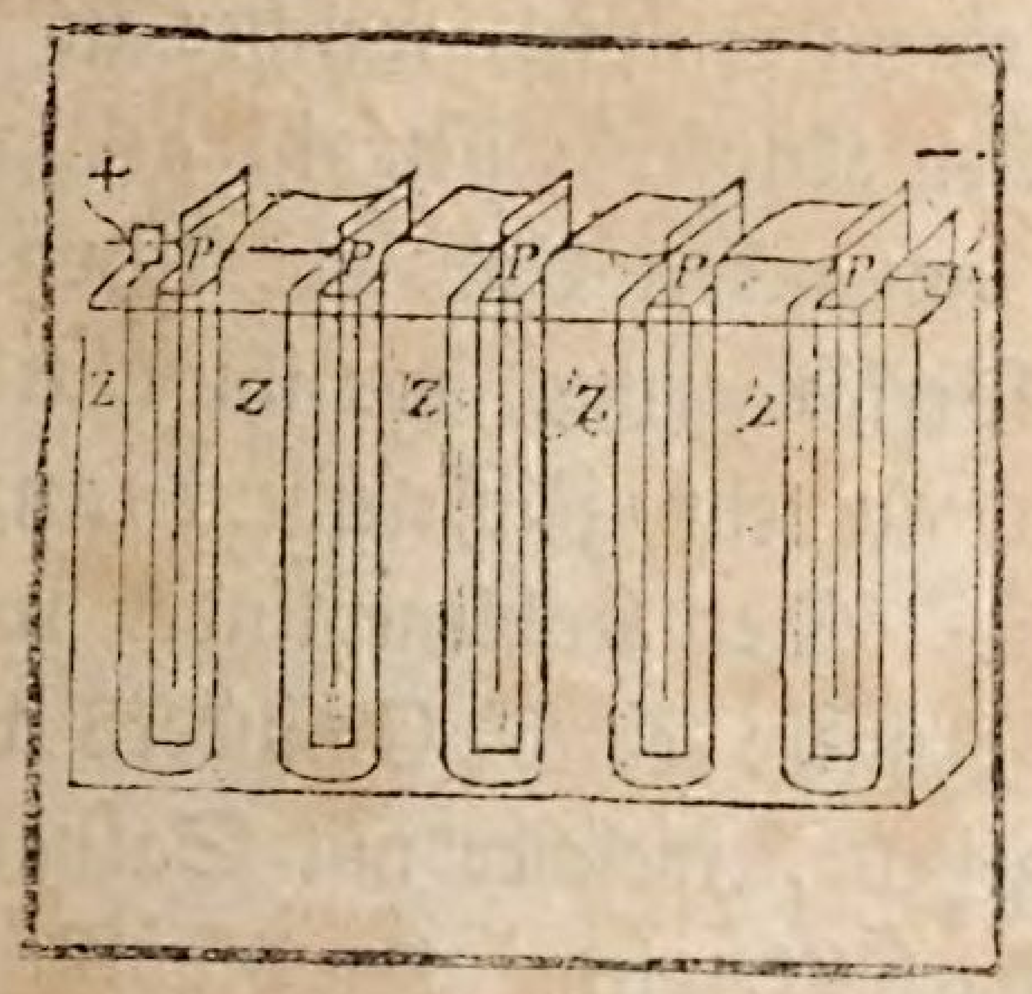
Die zu dieser Säule angewendeten Metallplatten sind vollkom-

mene Vierecke, Zink= und Kupferplatten von 1 Decimeter Seite. Zwischen die Metallplatten werden Pappscheiben, welche auf beiden Seiten mit Papprahmen versehen sind, deren obere Seite offen ist, geschoben. Die Dicke der Pappscheibe, welche sich zwischen den Papprahmen befindet, beträgt 0''',5, die Dicke der Pappe der Rahmen 2'',5 und ihre Breite 5''',0. Die Rahmen sind mit dünnem Bindfaden durch Löcher, welche durch Rahmen und Pappscheibe gehen, an der Pappscheibe zu beiden Seiten befestiget. Platten und Scheiben befinden sich in einem länglichen Kasten. An den Enden der Säule sind zwei Bretter. Auf diese wirken zwei Schrauben, welche an den schmäleren Seiten des Kastens angebracht sind. Mittelst dieser können die Platten und die Scheiben so zusammengepreßt werden, daß Flüssigkeiten, welche in die durch die Rahmen der Pappscheiben gebildeten Zellen eingegossen werden, sich darin erhalten und nicht auslaufen. Man gießt in die Zellen, welche die Papprahmen mit den Zinkplatten bilden, verdünnte Schwefelsäure in die, welche sich vor den Kupferblechen befinden, eine Auflösung von Kupfervitriol. Man hat also eine Säule aus Daniel'schen Elementen. Ich habe ihr den Namen Compressionssäule gegeben. Eine Abbildung davon befindet sich am angegebenen Ort.

Ich will hier noch einen Versuch mittheilen, welcher recht geeignet ist, das Uebergewicht der Säulen der neueren Bauart gegen die der älteren darzuthun. Es wurde eine Compressionssäule aus 14 Elementen Zink und Kupferplatten quadratisch, jede Seite von 3''8''' mit dazwischen befindlichen Pappscheiben mit Papprahmen zusammengeschraubt. In die Zinkzellen kam eine Mischung von 200 Rth. Wasser, 10 Rth. Vitriolöl und 4 Rth. Salpetersäure, in die Kupferzellen eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd von 1,139 G., von welcher 200 Rth. mit 4 Rth. Salpetersäure gemischt worden waren. Die Wirkung der Säule wurde voltametrisch gemessen, als Elektrolyt diente verdünnte Schwefelsäure von 1,2. Das Ergebniß des Versuches war in fünf Minuten 77 C. C. Gas bei mittlerem Druck und Temperatur.

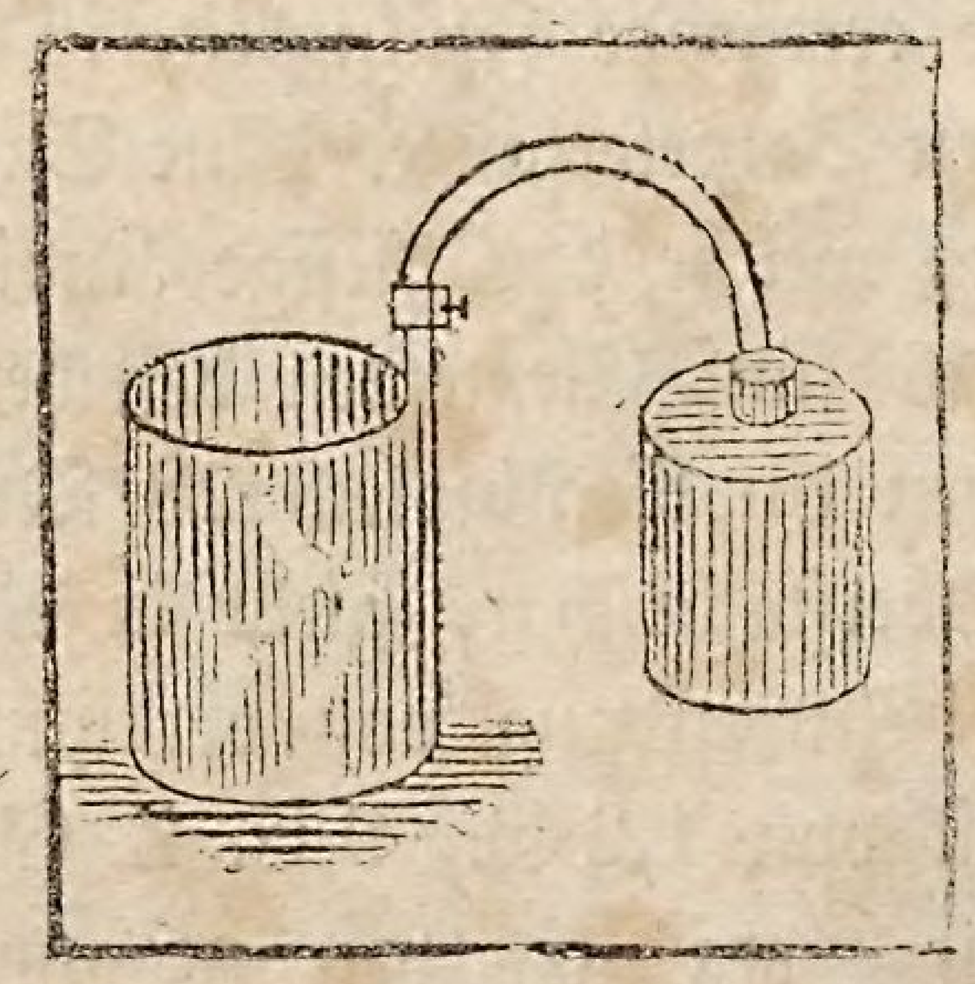
Hierauf wurden dieselben Platten genommen anstatt der Papprahmen aber viereckige Scheiben von Pappe angewendet von der Größe der Platten und diese mit derselben Säure getränkt, welche im vorigen Versuch in die Zinkzellen gegossen worden war. — Im ersten Moment der Schließung der Säule schien die Gasentwicklung nicht unbeträchtlicher zu seyn, als im vorigen Verfuch, aber zusehends nahm die Wirkung ab, so daß die ganze Gasmenge nach fünf Minuten nur 15 C. C. Gas betrug.

b) Die Grove'sche Säule. Diese Säule übertrifft an Stärke alle bisherigen. Sie ist eine Zusammensetzung aus Zink, erregender Flüssigkeit, poröser Scheidewand, Salpetersäure und Platin.. Die Zusammensetzung der Säule ergiebt sich aus folgender Zeichnung. Es sind gewöhnlich fünf Elemente miteinander verbunden, welche in einem Kasten mit Fächern sich befinden. Z sind die Zinkelemente, P die Platinstreifen, dazwischen sind Kästen von porösem Thon. In die Zinkzellen kommt die erregende Flüssigkeit, in die Platinzellen Salpetersäure. Eine Säule dieser Art, welche das hiesige Kabinet besitzt, aus fünf Elementen bestehend, von welchen ein Platinblech 28 Quadratzoll Oberfläche hat, giebt in einer Minute bei Anwendung von verdünnter Schwefelsäure als elektrolytischer Flüssigkeit von 1,2 G., 9 C. Z. Gas.



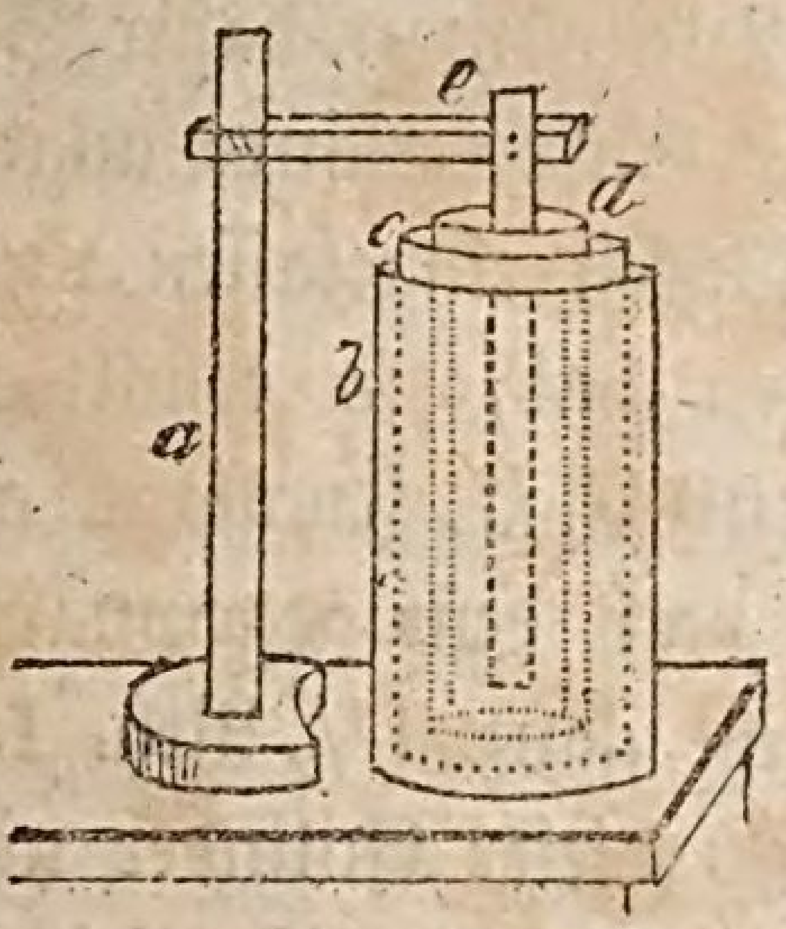
c) Die Kohlenbatterie von Bunsen. Es war den Physikern bereits bekannt, daß die Kohle in der Spannungsreihe eine Stelle einnimmt, wornach sie zu den stärksten elektronegativen Körpern zu rechnen ist. Sie mußte daher sich vorzüglich eignen, um mit Zink starke Ketten und also auch Säulen zu bilden. Der Einrichtung derselben stand nur der Umstand entgegen, daß man der Kohle nicht die Consistenz geben konnte, welche nöthig ist, um sie als negatives Element in der Säule zu benutzen. Dieß ist nun durch die Bemühungen von Bunsen zu Stande gebracht worden und wir besitzen in dieser Säule jetzt einen Apparat, welche der Grove'schen an die Seite gesetzt werden kann. Zur Anfertigung des Kohlenelements giebt Bunsen folgende Vorschrift. Es wird eine Mischung aus völlig ausgeglühten, fein gepulverten und durchgesiebten Cooks und der doppelten Menge fein gepulverter Steinkohlen gemacht und diese in eisenblechernen Formen bei mäßigem Kohlenfeuer ausgeglüht. Sind die Steinkohlen nicht sehr fett, so muß die Menge derselben vermehrt werden. Da große Massen beim Glühen leicht Sprünge erhalten, hingegen hohle sich leichter darstellen lassen, so stellt man cylindrische Schachteln in die Mitte der eisenblechernen Form und füllt den Zwischenraum mit dem Kohlenpulver an. Die so durch's Glühen erhaltene Masse ist noch zu porös. Man giebt ihr eine größere Consistenz, indem man sie mit einer concentrirten Zuckerauflösung, wozu der schlechteste Syrup genommen werden kann, tränkt und hierauf in einem mit Kohlenstücken angefüllten feuerfesten bedecktem

Gefäß zwei Stunden lang weiß glüht. — Um bei dem Aufbau dieser Säulen das Zinkelement mit dem Kohlenelement in Verbindung zu bringen hat man allerhand Mittel in Vorschlag gebracht. — Ich bediene mich folgendes sehr einfachen. Die Kohlencylinder, welche ich besitze, haben in der Mitte eine cylinderförmige Oeffnung, welche ungefähr bis auf $^2/_3$ der Länge hinabreicht. In diese Oeffnung wird ein Streifen Kupferblech gesteckt und mit einem Stöpsel, welcher in die Oeffnung geschoben wird, befestiget. Der Kupferstreifen ist gebogen und hat am andern Ende eine seitwärts gehende Verlängerung, um ihn mittelst derselben an ein Zinkelement anzuschrauben. Der Kohlencylinder wird in das Innere eines Cylinders von Gyps gestellt, welcher mit Salpetersäure angefüllt wird. In dem Raum zwischen der äußeren Wand des Gypscylinders und dem Glas befindet sich das Zinkelement, welches mit verdünnter Säure umgeben wird. — Aehnlich wie die Bunsenschen Kohlencylinder wirken auch Cylinder von Gußeisen und Graphit. — Hinsichtlich der Stärke dieser Säulen aus constanten Elementen bestehend ist zu erwähnen, daß die Grove'sche Zinkplatinsäule die stärkste Wirkung giebt. Nach ihr kommt die Bunsensche Zinkkohlensäule und beide übertreffen in ihrer Wirkung die aus Danielschen Elementen zusammengesetzte Säule. Hinsichtlich letzterer ist zu bemerken, daß in den negativen Zellen eine Auflösung von salpetersaurem Kupferoxyd stärker wirkt, als eine Lösung von Kupfervitriol. S. m. neuen Beit. I. 13. Nach Versuchen verhält sich die elektromotorische Kraft eines Zinkkohlenelementes zu einem Zinkplatinelement wie 32 : 35.



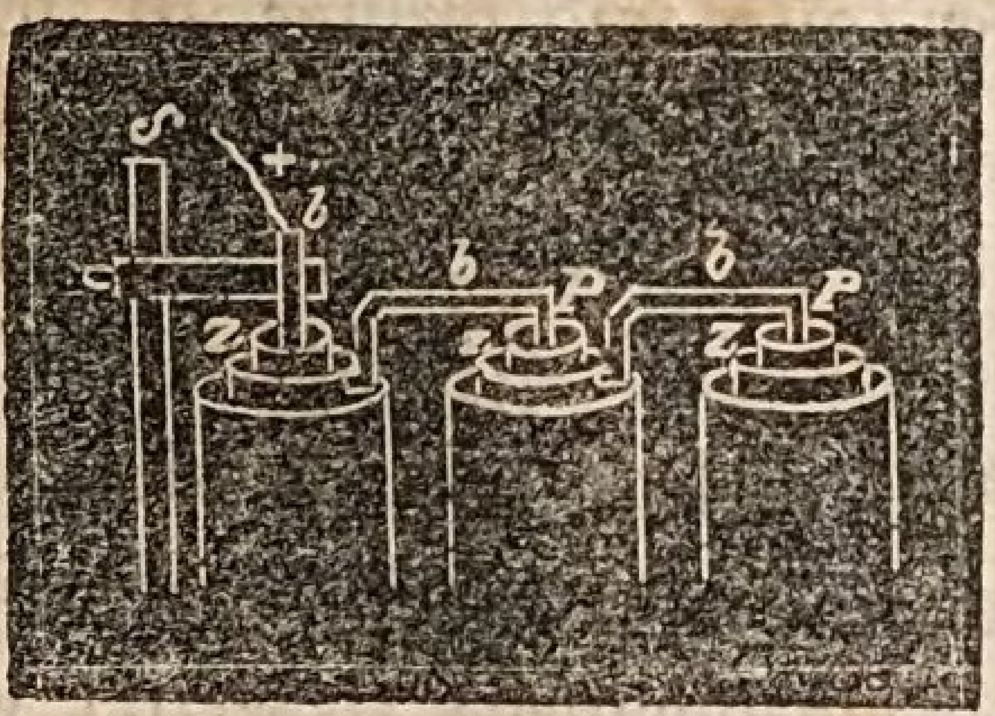
Für die beiden Flüssigkeiten, welche man zu den zwei Zellen der konstanten Ketten oder wie man wohl richtiger sagen kann, zu den zweiflüssigen, anwendet schlage ich für die, welche in die Zinkzelle kommt, den Namen: „die erregende" für die, welche in die Zelle des negativen Elements gegossen wird, den Namen: „die leitende" vor. Die beiden Ausdrücke rechtfertigen sich vollkommen nach der chemischen Ansicht von der Natur der Säule. Bezüglich der Wirksamkeit dieser beiden Flüssigkeiten habe ich die Beobachtung gemacht, daß zur erregenden eine Mischung von 200 Rth. Wasser und 16 Rth. Vitriolöl die stärkste Wirkung giebt. Größere Mengen von Schwefelsäure verstärken die Wirkung nicht. In Betreff der Salpetersäure, welche als leitende

Flüssigkeit angewendet wird, fand ich, daß die Wirkung in einem ungemein starken Verhältniß mit ihrer Stärke zunimmt, ohne daß, wie bei der erregenden, eine Grenze eintritt. Man sehe hierüber m. n. Beitr. z. Ch. u. Ph. I. 44.



In Fällen, in welchen man nur einen einfachen Elektromotor anwenden will, kann ich einen solchen von folgender Einrichtung anempfehlen. Er ist ein Grove'sches Element. Die Figur zeigt uns denselben. a ist ein Ständer von Holz. An diesem ist bei e ein Stück Kupferblech befestiget, an welchem ein Platinstreifen angelöthet ist. Dieses schwebt innerhalb des Gypscylinders d, in welchem Salpetersäure gegossen wird. Diesen umgiebt der Zinkcylinder c. Beide Cylinder befinden sich in dem Glase b. In die Zelle, welche der Zinkcylinder mit dem Glase bildet, wird verdünnte Schwefelsäure gegossen.

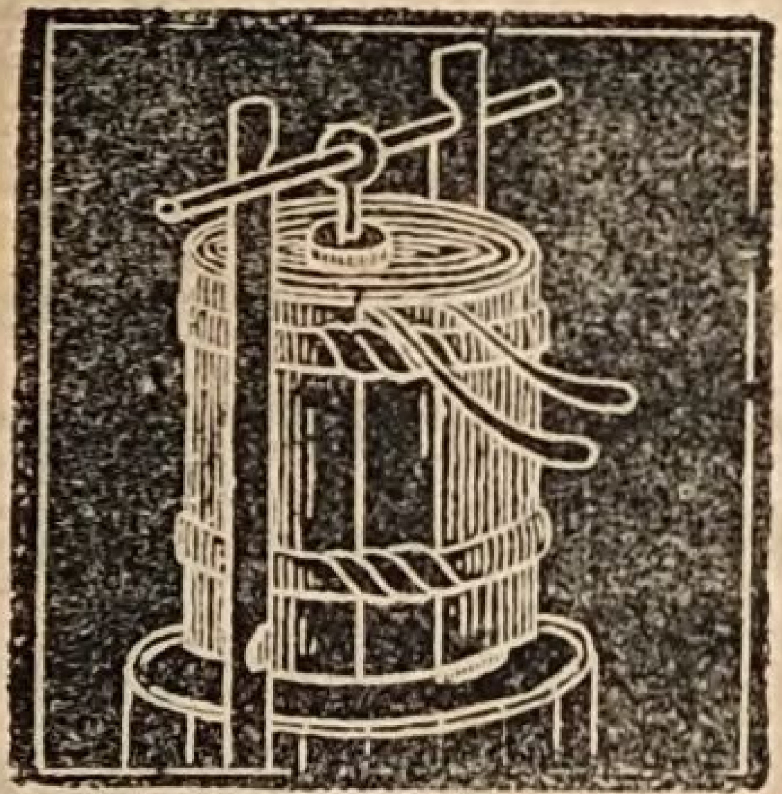
Bei den vielfältigen Versuchen, welche ich mit Grove'schen Säulen angestellt habe und welche in meinen neuen Beiträgen beschrieben sind, bin ich zu dem bemerkenswerthen Ergebniß gelangt, daß die Platinelemente der Säule in einem gewissen Verhältniß verkleinert werden können, unbeschadet der Wirkung derselben. Hierdurch ist man in Stand gesetzt sehr wirksame Grove'sche Säulen zu construiren, welche



nur wenig kosten. Die Abbildung stellt eine solche dar. S ist ein Ständer von Holz. b sind Kupferstreifen, an welchen Platinbleche angelöthet sind, welche in den Gypscylindern schweben. Die Kupferstreifen sind an dem Ende, an welchem sie keine Platinbleche enthalten, rechtwinklich umgebogen und mit Zwingen an die Zinkcylinder angeschraubt. Die Säule besteht aus fünf Elementen. Die Platinstreifen haben 5'' 6''' Länge und haben folgende Breite: 6''', 4,5''', 4''', 3''' und 2''',3 und sind in der Reihenfolge in den Gypscylindern, daß das breiteste den einen Pol der Säule bildet, das schmälste in dem Gypscylinder des ersten Elements, dem Zinkpol eingehängt ist. Ich habe nämlich die Beobachtung gemacht, daß eine Säule aus Platinstreifen im angegebenen Verhältniß zusammengesetzt eben so wirksam ist, als wenn sie aus fünf Platinstreifen von 6''' Breite zusammengesetzt

wäre. Die Zinkreifen haben 7″ Höhe und 9″ Breite, die Gypscylinder 6″ 10‴ Höhe und 1″ 3‴ Durchmesser der Oeffnung. Die Die Zinkreifen werden vorher amalgamirt. Als erregende Flüssigkeit diente eine Mischung von 200 Rth. Wasser, 10 Rth. Vitriolöl und 4 Rth. Salpetersäure, als leitende käufliche Salpetersäure von 1,331 G. Die Kraft dieser Säule wurde voltametrisch durch Zersetzung von verdünnter Schwefelsäure von 1,3 G. bestimmt. Wenn man dafür Sorge getragen hat, daß die Gypscylinder erst mit Salpetersäure angefüllt werden und nicht eher in die erregende Flüssigkeit eingelassen werden bis die Säure völlig die Cylinder durchdrungen hat, so erhält man eine Säule, welche in einer Minute 95 bis 100 C. C. Knallgas giebt. Das zu dieser Säule gehörende Platin würde nach dem gegenwärtigen Preis, nach welchem 1 Loth 5 Rth. kostet nicht ganz $1^1/_2$ Rth. kosten und da der Gyps, welcher zur Anfertigung eines dieser Cylinder nöthig war, nicht höher als zu einem Kreuzer zu veranschlagen ist, so dürfte eine solche Säule zu den billigsten zu rechnen seyn, wobei noch zu bemerken ist, daß das Platin nicht abgenützt wird und daher seinen Werth behält. — Wo es sich darum handelt Wirkungen geringerer Grade hervorzubringen, bediene ich mich einer kleineren Säule von denselben Verhältnissen, welche in Obertassen gewöhnlicher Art gestellt werden können und zwar zu drei oder fünf Elementen. — Man kann die Wirkung dieser Säule noch verstärken, wenn man die Oberfläche der Platinstreifen mit fein zertheiltem Platin oder Platinmohr überzieht. Um diesen Ueberzug zu erhalten bediene ich mich folgenden Verfahrens. Ich löse Platinchlorid in Kalkzuckerwasser auf und bringe in diese Auflösung zwei Streifen von Platinblech. Beide werden nun mit einer Säule verbunden und dasjenige, welches nachher zur Säule gebraucht werden soll zur negativen Elektrode gemacht. Die Flüssigkeit zersetzt sich und es überzieht sich das negative Platinblech mit Platinmohr. Man nimmt es aus der Flüssigkeit und bringt es in destillirtes Wasser, um es auszuwaschen. Der auf diese Weise gewonnene Ueberzug von Platinmohr haftet ziemlich fest an der Oberfläche des Platins.

Ich schließe diesen Abschnitt mit der Beschreibung des von Hare angegebenen Deflagrators oder Calorimotors. Die zu Anfang beschriebenen Säulen von Zamboni und Gassiot können als Apparate betrachtet werden, welche bei dem Minimum der Quantität, das Maximum der Intensität oder Spannung besitzen, hingegen ist Hare's Calorimotor als ein solcher anzusehen, welcher bei dem Minimum der Spannung das Maximum der Quantität besitzt. Die nachstehende Figur stellt denselben dar. Er besteht aus zwei gleich großen Zink-



und Kupferblechen, zwischen welchen ein gleich großes Stück Tuch oder Pappe sich befindet, oder welche auch durch Stängelchen von Holz auseinander gehalten werden. An den beiden Blechen sind zwei Leitungsdrähte angelöthet. Man taucht ihn in verdünnte Säure. Auf der Figur sieht man den oberen Theil des Gefäßes, in welchem sich die Flüssigkeit befindet. Durch die Einwirkung der Säure auf das Zinkblech wird Elektricität erregt, welche vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupfer geht und von diesem in den Leitungsdraht tritt und zur Circulation gebracht werden kann, wenn diese leitend miteinander verbunden werden. — Alle Erscheinungen, welche Wirkungen der Quantität der Elektricität sind, werden mit diesem Apparat in einem ausgezeichneten Grad hervorgebracht.

§. 5.

Physiologische Wirkungen der Säule. Wärmeerscheinungen, Lichterscheinungen, chemische.

Man kann eine Voltaische Säule recht gut mit einer Elektrisirmaschine vergleichen. So wie bei letzterer die Spannung mit der Geschwindigkeit der Umdrehung der Scheibe bis zu einen gewissen Punkt zunimmt, ebenso nimmt die Spannung der Säule mit der Menge der aufeinandergelegten Metallplatten zu. Eine Wirkung der Säule findet sowohl statt, wenn sie geschlossen wird, als wenn die geschlossene geöffnet wird. Da die letztere Wirkung von einem eigenthümlichen Zustand der Säule und der Leitungsdrähte, welche mit dem Namen Induktion belegt worden ist, abhängt, so soll hierüber erst gehandelt werden, nachdem die Lehre hiervon mitgetheilt worden ist. Wir können die Wirkungen der Säule eintheilen in a) physiologische, b) Wärmeerscheinungen, c) Lichterscheinungen, d) chemische, e) magnetische.

a) Physiologische. Läßt man die Elektricität der Säule durch den Körper gehen, was am besten dadurch bewerkstelliget wird, daß man zwei Metallstangen in die Hände nimmt, nachdem man diese zuvor mit Kochsalzauflösung angefeuchtet hat und mit diesen die Pole einer Säule berührt, so erhält man einen elektrischen Schlag. Diese Wirkung unterscheidet sich von dem einer Verstärkungsflasche, daß sie nicht einmal geschieht, sondern so lange andauert, als die Säule geschlossen bleibt. Nach Aussage der Physiologen soll die Wirkung des elektrischen Stroms in der Zusammenziehung der Nerven bestehen. Läßt man den Strom längere Zeit durch den Körper gehen, so wird ein

andauerndes Unwohlsein hierdurch hervorgebracht. Wird die Zunge dem Strom ausgesetzt, so entsteht an der positiven Elektrode ein saurer Geschmack, an der negativen ein Geschmack, der von Manchen als alkalisch angesprochen worden ist. Im Auge bringt ein schwacher Strom einen Lichtschein hervor und im Ohr ein besonderes Geräusch. Sehr merkwürdig sind die Beobachtungen, die man an Leichnamen kurz vorher Hingerichteter angestellt hat. Indem man den elektrischen Strom durch die Gesichtsnerven hindurchleitete konnten Zuckungen hervorgebracht werden, welche Wuth, Verzweiflung und Angst ausdrückten.

b) Wärmeerscheinungen. Ein Draht, welcher die Pole einer Säule verbindet, erwärmt sich und zwar steht diese Erwärmung im Verhältniß der Größe der Platten aber nicht der Anzahl derselben. Ein Versuch, welcher einen einfachen Beweis für diesen Satz abgiebt, ist der Fingerhutapparat von Wollaston. Er besteht aus einem Stück Zink und einem Stück Kupferblech, welche durch einen feinen Platindraht miteinander verbunden sind. So wie dieser Apparat in verdünnte Schwefelsäure, der man etwas Salpetersäure zugesetzt hat, getaucht wird, fängt der Draht an zu glühen und kann leicht, wenn man den Apparat zu lange in der Säure erhält, geschmolzen werden. Die Elektricität erhitzt schlechte Leiter mehr als gute. Und da das Leitungsvermögen bezüglich ist zur Menge der Elektricität, welche hindurchgeleitet werden soll, so können auch die besten Leiter durch starke Elektricitätsmengen zum Glühen und Schmelzen gebracht werden. Ganz besonders eignen sich zu diesen Versuchen die Säulen von Grove und Bunsen. Es gehört zu den überraschendsten Erscheinungen der Physik, daß man so schwer schmelzbare Körper, wie Platin in der Form eines Drahtes mittelst einer der angeführten Säulen in der kürzesten Zeit schmelzen kann. Auch Iridium gelang es mittelst einer aus zwanzig großen Zink- und Kupferplatten bestehenden Säule zu schmelzen. Die Erhitzung der Drähte steht im Verhältniß der elektromotorischen Kraft und kann als Maaß derselben benutzt werden. — In nächster Verbindung mit diesen Erscheinungen stehen.

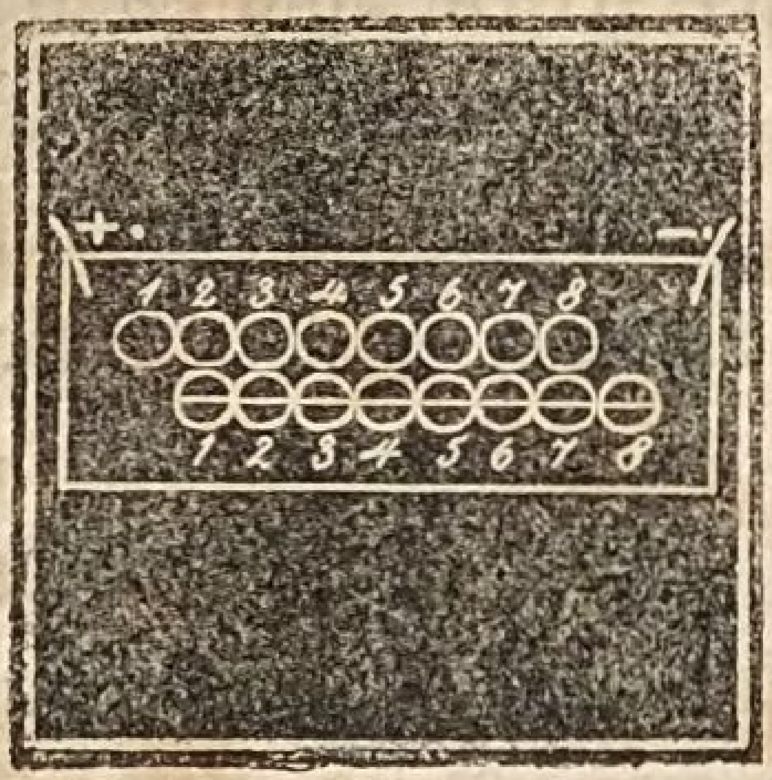
c) Die Lichterscheinungen, welche die Säulen hervorbringen. Schon längst wußte man, daß, wenn die Pole einer Säule durch Metalldrähte verbunden werden, an der Berührungsstelle ein sehr lebhafter Funke entsteht. Besonders schön zeigt sich dieser Funke, wenn die Säule durch Kohlenstücken entladen wird. Da diese Erscheinung jedoch zu denen des Trennungsfunken zu rechnen ist, so wird sie dort abgehandelt werden.

d) Die chemischen Erscheinungen. Diese sind unstreitig die wich-

tigsten, welche die Elektricität hervorbringt. Sie zeigt sich eben so kräftig Verbindungen zu zersetzen, als getrennte chemisch zu vereinigen. Wir wollen bei der Auseinandersetzung derselben mit der Zersetzung des Wassers beginnen.

Leitet man zwei Platindrähte in Wasser, welche mit den beiden Polen einer Säule verbunden sind, so wird dasselbe zersetzt und es tritt an der positiven Elektrode Sauerstoffgas an der negativen Wasserstoffgas auf. Bestehen aber die Drähte aus Metallen, welche sich mit den beiden auszuscheidenden Körpern leicht verbinden können, so treten diese damit in Verbindung. Sammelt man die an den beiden Elektroden sich ausscheidenden Gase, so erhält man an der negativen zwei Volumen Wasserstoffgas und an der positiven ein Volumen Sauerstoffgas. Ist das Wasser chemisch rein, so geschieht die Zersetzung nur langsam, wird es hingegen mit etwas Säure, z. B. Schwefelsäure, zersetzt, so geht sie rascher vor sich. Man erklärt dieß daraus, daß mit Säure versetztes Wasser besser leitet, als reines Wasser, demnach in derselben Zeit eine größere Menge Elektricität durch das Wasser hindurchgeführt wird. — Da diese Zersetzung auch noch erfolgt, wenn die Platindrähte weit von einander entfernt sind, so entsteht die Frage, wo kommt der Sauerstoff hin, welcher doch da ausgeschieden werden muß, wo der Wasserstoff auftritt, und wo bleibt der Wasserstoff, der da ausgeschieden wird, wo sich der Sauerstoff entwickelt. — Dieser Umstand hat zu der Ansicht geführt, daß eine aufeinander folgende Zersetzung aller in einer Linie zwischen den Polen liegenden Wassertheilchen stattfinde. Es wurde diese Ansicht zuerst vom G r o t t h u ß aufgestellt. Sie gründet sich einestheils auf die außerordentlich zersetzende Kraft der Elektricität für chemische Verbindungen, andererseits auf unsere Unkenntniß von dem Wesen der chemischen Verwandtschaftskraft. Die außerordentliche Stärke, mit welcher die Elektricität auf chemische Erscheinungen verbindend und zersetzend einwirkt, so wie die Analogie, welche zwischen dem Verhalten der beiden Elektricitäten zu einander und den Körpern gegeneinander stattfindet, hat zu der Ansicht geführt, es möchte chemische Verwandtschaft und die Anziehung der beiden Elektricitäten, welche man als in den Körpern vorhanden annimmt, ein und dieselbe Kraft seyn. Dieß vorausgesetzt, werden Wasserstoff und Sauerstoff im Wasser durch die in ihnen befindlichen entgegengesetzten Elektricitäten in ihrer Verbindung gehalten, etwa wie zwei Magnete mit ihren ungleichnamigen Polen sich halten. Wird daher Wasser oder irgend eine chemische Verbindung durch die Elektricitäten der Pole zersetzt, so treten die Bestandtheile an den Polen vermöge der Anziehung der ungleich-

namigen Elektricitäten auf. Tritt daher der Sauerstoff am positiven Pol auf, so schließen wir, daß er seiner Natur nach negativ elektrisch sey und eben so vom Wasserstoff, daß er positiv elektrisch sey. Folgendes Schema giebt eine bildliche Darstellung von der Zersetzung des Wassers durch die Elektricität, sie zeigt uns den ersten Moment derselben.



Die obere Reihe stellt die Sauerstoffatome, die unter die Wasserstoffatome vor. Die übereinander befindlichen Atome muß man als noch zu Wasser vereiniget annehmen. Im ersten Moment des Eintauchens der Elektroden wird ein Sauerstoffatom links und ein Wasserstoffatom rechts gezogen. Diese entwickeln sich an den Elektroden und es treten jetzt an die Stelle der beiden entwickelten Atome von Wasserstoff und Sauerstoff die nächsten des zweiten zusammengesetzten Wasseratoms. Die Zersetzungen der chemischen Verbindungen durch den elektrischen Strom haben schon zu außerordentlichen theoretischen und praktischen Ergebnissen geführt. In ersterer Beziehung zeigt sich eine große Uebereinstimmung zwischen den chemischen Eigenschaften der Körper und ihren elektrischen Verhalten. Körper, welche ihrer Natur nach zur Klasse der Säuren gehören, treten bei der Zersetzung ihrer Verbindungen am positiven Pol auf und Körper, welche zur Klasse der Basen gerechnet werden am negativen. Bringt man daher eine Salzauflösung z. B. eine Auflösung von schwefelsaurem Kali in eine *U* förmig gebogene Röhre färbt sie mit einer violetten Lakmuslösung und führt zwei Platindrähte in die Enden derselben, so wird, wenn der Strom hindurchgeführt wird, an der positiven Elektrode Säure auftreten, an der negativen die Base. Die Folge hiervon ist, daß die eine Seite der Flüssigkeit, wo an der positiven Elektrode die Säure sich ausscheidet, geröthet wird, die andern hingegen, wo das Kali auftritt, gebläut wird. — Als ein vorzüglich praktisches Ergebniß der zersetzenden Wirkung der Elektricität kann die Zersetzung des Kali und Natron's angeführt werden, ein Versuch, welchen zuerst Hr. Davy anstellte. Man kann diesen Versuch entweder so anstellen, daß man die Elektroden einer starken Säule in Form von Platindrähten in geschmolzenes Aetzkali oder Aetznatron taucht oder diese beiden Substanzen befeuchtet mit Quecksilber zusammenbringt und die negative Elektrode in das Quecksilber die positive in das Alkali taucht. Im ersten Fall sammelt sich um den negativen Poldraht das Metall des Alkali's, während am positiven Sauerstoff auftritt, im letzteren amalgamirt sich das Quecksilber mit dem Metall

des Alkali's. Aus diesem Amalgam läßt sich durch Destillation in einer mit Wasserstoffgas erfüllten Retorte das Metall des Alkali's darstellen. Zur Darstellung dieses Amalgams ist schon eine Säule mittlerer Stärke hinreichend. — Ein diesem ähnliches Amalgam erhält man, wenn man ein Ammoniaksalz, z. B. Salmiak, angefeuchtet mit Quecksilber zusammenbringt und das Quecksilber mit der negativen, den Salmiak mit der positiven Elektrode verbindet. Man beobachtet dann, daß das Quecksilber anschwillt und die Consistenz der Butter annimmt. Während der negative Bestandtheil des Salmiaks das Chlor an der positiven Elektrode auftritt, vereiniget sich das Ammoniak mit dem aus der Salzsäure ausgeschiedenen Wasserstoff mit dem Quecksilber und giebt die bis jetzt noch nicht für sich dargestellte Verbindung das Ammonium, welches aus 1 Rth. Stickstoff und 4 Rth. Wasserstoff zusammengesetzt ist.

Vieles Aufsehen haben früher die sogenannten Transportversuche Davy's gemacht. Nach diesen sollen Körper durch andere, unbeschadet ihrer chemischen Verwandtschaft zu ihnen, mittelst der Elektricität hindurchgeführt werden können. Ein Beispiel wird die Sache aufklären. Nimmt man drei cylinderförmige Gläser, welche durch kleine mit Wasser gefüllte Heberröhren miteinander verbunden sind und gießt in das Glas, in welchem die negative Elektrode endet, eine Auflösung von schwefelsaurem Natron, in das mittlere Glas eine Ammoniaklösung und in das dritte Wasser, so wird, nachdem die Säule eine Zeit lang gewirkt hat, sich im Wasser, welches die positive Elektrode enthält, Schwefelsäure ansammeln, und zwar wird sich das Ammoniak im mittleren Glase unverändert erhalten. Es ist dieser Versuch jedoch nicht so zu verstehen, als wenn die Schwefelsäure, geschützt durch die Elektricität, unverbunden durch das Ammoniak hindurchgezogen worden wäre. Es läßt sich eine ganz einfache Erklärung für diese Erscheinung geben. Da das Wasser ein Leiter der Elektricität ist, so geht die Wirkung der positiven Elektrode bis in das Glas, in welchem sich das schwefelsaure Natron befindet. Es wird dieß daselbst zersetzt und die Schwefelsäure geht in das mittlere Glas, welches Ammoniak enthält. Mit diesem verbindet es sich zu schwefelsauren Ammoniak, da dieß aber auch zersetzungsfähig ist, so wird es ebenfalls zersetzt und die Schwefelsäure tritt in das letzte Glas, welches die positive Elektrode enthält.

Hare ist es gelungen mit Anwendung starker galvanischer Batterien die Chloride des Calciums, Baryums und Strontiums zu zersetzen und diese Metalle mit Quecksilber, welches die negative Elektrode in

dem Apparat bildete, zu amalgamiren. Durch Destillation in einem Sauerstoff freien Raum konnte das Quecksilber von den Erdmetallen getrennt werden. Sie erschienen als zusammengesinterte Metalle ohne metallischen Glanz. Sie waren schwerer als Schwefelsäure, spröde, nicht flüchtig, erst bei guter Rothglühhitze schmelzbar. Wurde Ammoniumamalgam zum Gefrieren gebracht, so bildete sich eine feste spröde Masse, welche auf dem Quecksilber schwamm und allmählig unter Entwicklung der flüchtigen Bestandtheile schmolz.

Wir können über die Zersetzungen von Flüssigkeiten durch den elektrischen Strom noch folgende Sätze mittheilen. Hinsichtlich ihrer Zusammensetzung lassen sie sich in einfache und zusammengesetzte Elektrolyte unterscheiden. Ein einfaches Elektrolyt ist z. B. Wasser, Jodkalium, Chlorblei, ein zusammengesetztes, ein Salz, schwefelsaures Kali u. s. w.

1) Werden wässerige Lösungen neutraler Salze der Wirkung des Stroms ausgesetzt, so werden sie fortwährend zersetzt. Gehört das Metall zu denen, die Wasser bei gewöhnlicher Temperatur nicht zersetzen, so wird es in metallischem Zustand an der negativen Elektrode ausgeschieden, gehört es aber zu denen, die Wasser zersetzen, so tritt das Oxyd nebst einer äquivalenten Menge Wasserstoff an derselben Elektrode auf. Zugleich wird an der positiven Elektrode die Säure des Salzes frei mit einer äquivalenten Menge Sauerstoff.

2) Zersetzt man durch ein und demselben Strom ein einfaches und ein zusammengesetztes Elektrolyt, so ergiebt sich, daß von beiden ein Aequivalent zersetzt wird.

3) Bei der Elektrolysirung von wässerigen Lösungen von Ammoniaksalzen scheidet sich anstatt des Metalls bei Zersetzung eines Metallsalzes, Ammoniak begleitet von einem Aequivalent Wasserstoff, aus.

4) Die Gleichheit in der Zersetzung einfacher und zusammengesetzter Elektrolyte beweist, daß zusammengesetzte Anionen und Kathionen einfachen elektrisch äquivalent sind.

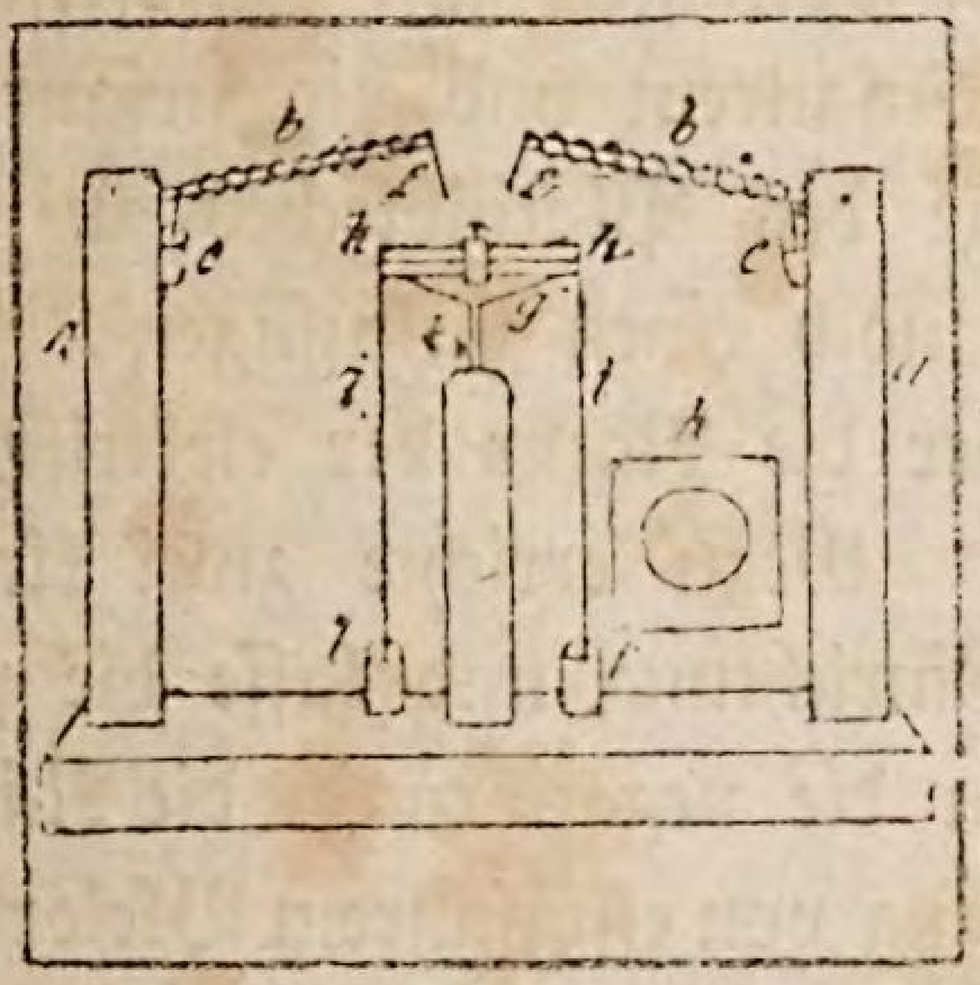
5) Es ist hinsichtlich der Menge des Chlors, welche sich entwickelt, kein Unterschied, ob dasselbe durch denselben Strom aus einem geschmolzenen Chlorid, z. B. Chlorblei oder aus Lösungen wässeriger Chloride, wie aus Lösungen von Chlornatrium, oder Salmiak entwickelt wird.

§. 6.

Erscheinungen verschiedener Art, welche durch elektrische Ströme hervorgebracht werden. Nobilische Figuren. Passivität des Eisens und anderer Metalle.

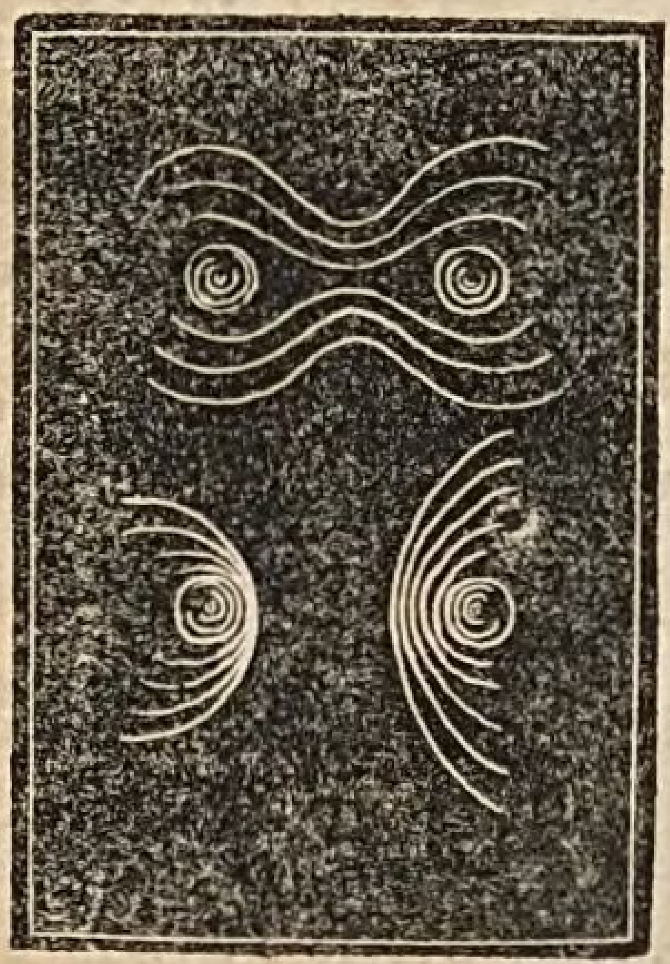
Zu den Erscheinungen der Hydroelektrik, welche in mehrfacher Beziehung bemerkenswerth sind, gehören die von Nobili aufgefundenen,

durch den Strom erzeugten Figuren. Es entstehen diese Figuren, wenn Lösungen von Metallsalzen so durch den elektrischen Strom zersetzt werden, daß von den beiden Elektroden, welche die Lösung einschließen, die eine eine Fläche, die andere eine Spitze ist. Da ich mich selbst mit diesem Gegenstand beschäftiget habe, so will ich hier den Apparat beschreiben, dessen ich mich zu diesen Versuchen bediene. Er ist so eingerichtet, daß man zu gleicher Zeit zwei Nobilische Farbenringe hervorbringen kann. Hierdurch ist man im Stande gesetzt auf eine sehr einfache und zugleich in die Augen fallende Weise die Anziehung gleichlaufender und die Abstoßung entgegengesetzt laufender Ströme zu zeigen.



aa sind zwei Stäbe von Holz, welche vertikal auf einem Brett befestiget sind. An ihren oberen Enden sind in Fugen zwei bewegliche Stäbchen von Holz befestiget, um welche Platindrähte gewickelt sind. Die einen Enden derselben sind frei gelassen ff, die anderen gehen in die Quecksilbernäpfchen cc. g ist ein bewegliches Tischchen, welches mittelst des Drehers k herauf und herunter bewegt werden kann, ii sind zwei Kupferstreifen, deren untere Enden in die Quecksilbernäpfchen ll gehen, die oberen sind umgebogen und sind auf der oberen Fläche des Tischchens mit Schräubchen befestiget. Auf die obere Fläche des Tischchens wird ein Platinblech gelegt und hierauf das Brettchen h, welches in der Mitte eine mit einem Rande versehene kreisförmige Oeffnung hat. Die untere Seite dieses Brettchens wird mit Talg geschmiert, hierauf auf das Platinblech gelegt und mit zwei Zwingen an das Tischchen angeschraubt. — Man gießt nun in die kreisförmige Oeffnung des aufgeschraubten Brettchens eine Mischung von einer wässerigen Lösung von essigsaurem Bleioxyd und essigsaurem Kupferoxyd und errichte eine kleine Grove'sche Säule wie sie früher beschrieben worden, etwa aus drei Elementen in drei Obertassen bestehend, wobei käufliche Salpetersäure als leitende und verdünnte Schwefelsäure als erregende Flüssigkeit angewendet wird. Man führt nun die positive Elektrode in eines der Quecksilbernäpfchen l und die negative in das Näpfchen c. Man taucht hierauf das Ende des Platindrahtes, welches jetzt die negative Elektrode bildet, in die Flüssigkeit und wird nun sogleich unter ihm die Bildung farbiger Ringe entstehen sehen. Diese Ringe haben genau die prismatischen Farben, sie fangen mit Roth an, enden mit Blau und gehen zwischen diesen

beiden Farben die verschiedenen prismatischen Farbenabstufungen hindurch. Je weiter die Ringe vom Entstehungspunkt entfernt sind um so breiter sind sie, sie gleichen ganz den farbigen Ringen, welche entstehen, wenn man einen Tropfen Oel auf Wasser fallen läßt. Sie sind jedoch nicht, wie die soeben erwähnten wieder verschwindend, sondern sie haften auf dem Platin und lassen sich erhalten. Nach Böttcher erzeugt das Manganchlorür, wenn es dem Strom ausgesetzt wird, wie das essigsaure Bleioxyd concentrische Ringe, welche aber weitere Kreise bilden, von außerordentlicher Schönheit. Demselben Physiker gelang es durch Anwendung von Lösungen von schwefelsaurem Manzanoxydulkali, essigsaurem, bernsteinsaurem und hippursaurem Manzanoxydul monochramatische Ueberzüge des Platinbleches zu erhalten. — Zu diesen Versuchen will ich noch einen hinzufügen, der ganz bemerkenswerth ist, weil er uns über die Natur der elektrischen Wirkungssphären einigen Aufschluß giebt. Man errichte zwei kleine Grove'sche Säulen von der angegebenen Einrichtung und lasse die positiven Elektroden in die Näpfchen ll enden die negativen in die Näpfchen cc. Hierauf bringt man eine Auflösung von essigsaurem Bleioxyd, der man etwas essigsaures Kupferoxyd zugesetzt hat, in die kreisförmige Oeffnung und tauche die Platinenden ff in dieselbe. Es werden sich jetzt zwei Ringsysteme bilden, welche zusammenfließen und die Figur darstellen, welche hier abgebildet ist. Wird hingegen die Richtung des Stroms geändert, wird das eine Näpfchen l mit der negativen, das auf derselben Seite befindliche c mit der positiven Elektrode derselben Säule verbunden, so entstehen zwei Figuren von der Form, welche die untere der beigegebenen Abbildung darstellt. Dieß Verhalten entspricht offenbar einer Abstoßung der der beiden Wirkungssphären der durch die Drähte gehenden Ströme. Und da im letzteren Versuch die Richtung der Ströme die entgegengesetzte ist, so zeigt sich hier ein Verhalten, welches vollkommen der von Ampère aufgefundenen Thatsache entspricht, daß gleichlaufende Ströme sich anziehen, entgegengesetzt sich bewegende sich abstoßen.



Es wurde schon bemerkt, welchen wesentlichen Einfluß die Beschaffenheit der Oberfläche der Körper auf die Erscheinungen der hydroelektrischen Kette ausübt. Wir wollen daher den Erscheinungen darüber hier eine Stelle einräumen. Ueber diesen durch Berührung mit Flüssigkeiten veränderten Zustand sind am meisten Beobachtungen am Eisen

angestellt worden. — Seit längerer Zeit war die auffallende Thatsache bekannt, daß verdünnte Salpetersäure Eisen sehr heftig, hingegen sehr concentrirte es gar nicht angreift. Schönbein hat diese Erscheinung hauptsächlich zum Gegenstand einer Untersuchung gemacht. Er unterscheidet zuvörderst die beiden Zustände, in welchen das Eisen angegriffen und nicht angegriffen wird mit den Ausdrücken: Eisen in aktivem und passivem Zustand. — Zu dem Nichtangegriffenwerden des Eisens kommt auch noch die Eigenschaft hinzu, daß es aus salpetersaurem Kupferoxyd kein Kupfer ausfällt. Diese Eigenschaft verliert es aber, wenn es in dieser Auflösung mit Kupfer berührt wird. Ferner, daß passiv gemachtes Eisen sich auch gegen schwächere Salpetersäure passiv verhält und daß sich Sauerstoffgas daran entwickelt, wenn es in Salpetersäure als positive Elektrode benutzt wird. — Es giebt Grade der Passivität des Eisens. Das durch Eintauchen in Salpetersäure passiv gemachte Eisen fällt kein Kupfer aus einer salpetersauren Kupferoxydlösung. Hingegen geschieht dieß mit Eisen, welches durch theilweises Vergolden oder Verplatiniren passiv gemacht worden ist. — Schönbein giebt folgende Verfahren an, Eisen passiv zu machen:

1) Durch Erhitzen des Eisens an der Luft bis es eine blaue Farbe annimmt. Diese Farbenveränderung beruht auf der Bildung einer Schicht von Eisenoxyd-Oxydul. — Das Bemerkenswerthe hierbei ist, daß wenn nur ein Ende des Eisendrahtes in diesen Zustand versetzt worden ist und dieß zuerst in Salpetersäure getaucht wird und man hierauf das andere Ende des Drahtes, welches sich in seinem gewöhnlichen Zustand befindet, eintaucht, auch dieses sich passiv zeigt. Es verhält sich dieß Ende aber nicht passiv, wenn es zuerst eingetaucht wird.

2) Es wird passiv wenn es kurze Zeit in Salpetersäure von 1,5 getaucht wird oder in rauchende Salpetersäure oder auch in eine Mischung von Vitriolöl und Salpetersäure von 1,35.

3) Auch in verdünnterer Salpetersäure von 1,35 läßt sich Eisen passiv machen, wenn man den Draht mehrmals eintaucht und wieder herauszieht In Salpetersäure von 1,399 bräunt es sich anfänglich unter Ausstoßung von rothen Dämpfen wird aber darauf meistens auch ohne Herausziehen metallglänzend.

4) Wird Eisendraht mit verschiedenen Körpern verbunden, wie Platin, Gold, Graphit oder Kohle, Silber, obwohl dieß schwächer wirkt, besonders aber Bleihyperoxyd und Silberhyperoxyd, so wird es beim Eintauchen in Salpetersäure von 1,3 passiv. Eben so läßt sich Eisen passiv machen, wenn es mit einem Stück passivem Eisen ver-

bunden wird Das passiv gemachte Eisen wirkt hier gerade wie einer der angeführten Körper.

5) Man bringt in eine Schale von Salpetersäure von 1,35 einen Platindraht, welcher die negative Elektrode einer Säule ausmacht und fügt dann in dieselbe einen Eisendraht, welcher die positive Elektrode derselben Säule ist. Das Eisen wird sich jetzt passiv verhalten; dieß ist nicht der Fall, wenn das Eisen eher als der Platindraht in die Säure getaucht wird.

Nach Schönbein zeigt das durch Salpetersäure passiv gemachte Eisen einen lebhafteren Glanz als zuvor. Aus dem passiven Zustand kann es wieder auf folgende Weise in den aktiven zurückgeführt werden: 1) durch völliges Abwaschen der Säure von seiner Oberfläche; 2) wenn es unter der Säure mit leicht oxydirbaren Metallen, wie Zink, Antimon, Wismuth, Blei oder Kupfer berührt wird; 3) durch höhere Temperaturen und durch Erschütterung. Eisen in Salpetersäure von 1,5 verliert bei 80^0 C. seine Passivität. 4) Durch alle Säuren, welche Eisenoxyd auflösen. Schönbein sucht diesen Zustand des Eisens aus einem eigenthümlichen elektrodynamischen Zustand abzuleiten. — Es ist jedoch wahrscheinlicher, daß sich dieser Zustand aus einer dünnen Schicht von Eisenoxyd ableiten läßt, welcher sich auf der Oberfläche desselben bildet. Zu Gunsten dieser Ansicht lassen sich folgende Gründe aufstellen. Bei dem durch Glühen hervorgebrachten passiven Zustand des Eisens ist es außer allen Zweifel gesetzt, daß die Schicht von Eisenoxyd-Oxydul, welche die Oberfläche umgiebt, die Ursache des passiven Zustandes ist. Die Oberfläche des Eisens tritt hierdurch in einen Zustand, welcher dem der Hyperoxyde entspricht, welche ebenfalls nicht in Säuren löslich sind. Daß dieser Zustand ebenfalls durch Eintauchen von Eisen in concentrirte Salpetersäure hervorgebracht werden kann, hat Nichts was unseren Ansichten von dem Verhalten dieser Säure widerspräche. Es käme also jetzt nur darauf an, nachzuweisen, daß auch für die anderen Verfahren Eisen passiv zu machen, diese Ansicht geltend gemacht werden könne. In dieser Beziehung will ich zuvörderst eine Beobachtung erwähnen, die ich oft Gelegenheit gehabt habe, bei meinen galvanischen Aetzversuchen zu beobachten. Wenn man eine Auflösung von Zinnchlorür, welche sich zwischen Zinnplatten befindet, durch den elektrischen Strom zersetzt, so sieht man an der Zinnplatte, welche die positive Elektrode bildet, eine dicke, wie Oel aussehende Flüssigkeit, herablaufen, während sich an der negativen metallische Nadeln von Zinn ansetzen. Die an der positiven Elektrode herunterlaufende Flüssigkeit ist nichts anders, als Zinnchlorür,

das im ersten Moment der Bildung wasserfrei ist und daher als ganz concentrirte Flüssigkeit herabläuft. Machen wir von dieser Beobachtung eine Anwendung auf die Fälle 4) und 5) bei welchen das Eisen durch elektrische Thätigkeit passiv gemacht wird. Eisendraht wird passiv, wenn es mit Körpern verbunden wird, welche gegen das Eisen sich negativelektrisch verhalten, wie Platin, Kohle u. s. w. Es wird also, wenn es mit diesen verbunden in Salpetersäure getaucht wird, ein elektrischer Strom entstehen, welcher vom positiven Element dem Eisen sich nach den negativen den Platin u. s. w. sich bewegt. Der hierdurch entstehende Strom wird am Eisen, welches hier die positive Elektrode ist, eine Verdichtung der negativen Bestandtheile der Flüssigkeit des Sauerstoffs und der Salpetersäure an seiner Oberfläche bewirken, während die positiven Bestandtheile das Stickoxyd und der Wasserstoff sich nach dem negativen Element, dem Platin, hinziehen. Man begreift nun leicht, wie die das Eisen umgebende Salpetersäure durch den Strom so verdichtet werden kann, daß sie die Concentration erhält, bei welcher das Eisen nach 2) passiv wird. Ganz auf dieselbe Weise erklärt sich der 5) angegebene Fall des Passivwerdens des Eisens. Es wird passiv, wenn es als positive Elektrode in Salpetersäure eingeführt wird, nachdem bereits Platindraht als negative eingelassen worden war. Der positive elektrische Strom, der hier vom Eisen zum Platin geht, bewirkt hier ebenfalls eine Concentration der negativen Bestandtheile, welche eine Passivität zu Folge haben muß. — Eben hieraus läßt sich erklären, warum passives Eisen so wirkt wie negativelektrische Körper, weil es durch seine Oxydation jetzt selbst zu dieser Klasse von Körpern gehört. — Man hat gegen die Ansicht, welche die Passivität des Eisens von einer dünnen Schicht Eisenoxyd ableitet, die Einwendung gemacht, daß in diesem Fall das Eisen nicht mehr metallisch aussehen dürfte. Allein diese Einwendung ist ganz ungegründet, denn man kann Eisen mit einem dünnen Ueberzug von Firniß überziehen, ohne daß es hierdurch sein metallisches Aussehen verliert. Zu den Erscheinungen, welche günstig für die hier mitgetheilte Ansicht sind, gehört auch die, daß das Eisen an Aktivität zunimmt, wenn es mit Zink berührt wird. Hierdurch wird nämlich das Eisen negativelektrisch und die Salpetersäure muß sich da, wo sie das Eisen berührt, verdünnen und daher stärker dasselbe angreifen. — Außer durch Salpetersäure gelang es auch noch auf folgende Weise das Eisen passiv zu machen. Taucht man zwei blanke Eisendrähte in verdünnte Schwefelsäure und leitet durch diese einen starken elektrischen Strom hindurch, so wird die positive Elektrode schwarz, hierauf passiv, die

Zersetzung hört auf, der Strom wird also unterbrochen und eine Oxydschicht fällt in Stücken herab. — Bringt man einen Eisendraht als positive Elektrode in eine Auflösung von essigsaurem Bleioxyd, so wird er sehr stark passiv, so daß er sich gegen verdünnte Salpetersäure jeder Art passiv verhält. In diesem Fall entsteht die Passivität des Eisendrahts aus einem dünnen Ueberzug von Bleihyperoxyd auf der Oberfläche desselben.

Von dem passiven Zustand, den andere Metalle einzugehen im Stande sind, haben wir bis jetzt folgende Erfahrungen. Wismuth wird in Salpetersäure von 1,5 G. eingetaucht sogleich passiv, so daß sich ein kleines Stück erst nach geraumer Zeit vollständig auflöst. In Salpetersäure von 1,4 wird es rasch aufgelöst, berührt man es aber mit Platin, so wird es passiv und nimmt einen eigenthümlichen Glanz an. Zinn, als Stanniol in Salpetersäure von 1,5 gebracht, verändert sich nicht, selbst nicht, wenn es damit gekocht wird, wenigstens nicht innerhalb 10 Minuten. Von verdünnter Säure wird es sogleich mit Heftigkeit gelöst. Zink kann durch Salpetersäure nicht bleibend passiv gemacht werden. Ist es mit Platin in Berührung, so löst es sich langsamer auf. Kupfer ist in einer Säure von 1,5 G. passiv, in Säure von 1,47 tritt zuerst Auflösung ein, später wird es passiv. Durch Berührung mit Platin wird es sogleich in dieser Säure passiv.

Dieser passive Zustand, in welchem die Metalle durch Berührung mit Salpetersäure versetzt werden, übt oft einen Einfluß auf die Wirkung der Ketten aus. Nach der Contakttheorie werden sie hierdurch dem negativen Ende der elektrischen Spannungsreihe näher gerückt und geben mit positivelektrischen Metallen stärkere Ketten, nach der chemischen Ansicht wirken sie dadurch stärker, daß der Sauerstoff schneller den positiven Bestandtheil der Flüssigkeit, welchen der Strom zuführt, oxydiren und hierdurch die Wirkung der Polarisation aufheben. Hiernach ist offenbar folgende Erscheinung zu erklären. Bringt man in eine *U* förmige Röhre eine Lösung von Salpeter, Glaubersalz, Kochsalz oder Bittersalz und fügt in den einen Schenkel derselben Zink, Zinn oder Blei, in den anderen Kupfer oder Platin, so wird, wenn die beiden Metalle leitend verbunden werden, die Wirkung des Stroms gemessen durch ein Galvanometer bald abnehmen, sie läßt sich aber wieder herstellen, wenn man in den Schenkel, welcher Platin oder Kupfer enthält, etwas Säure bringt, welche aber keine Verstärkung des Stroms hervorbringt, wenn sie in den Theil der Röhre gebracht wird, welche das Zink enthält.

Die Aenderung, welche die Metalle bei ihrer Berührung in

Flüssigkeiten hinsichtlich ihrer Verwandtschaftskräfte erleiden, hat zur Lösung einer praktischen Aufgabe geführt. Zu Lebzeiten H. Davy's wurde von Seiten der englischen Admiralität die Frage gestellt, ob man kein Mittel ausfindig machen könne, das Zerfressen des Kupferbeschlags der Kriegsschiffe zu verhindern. Sogenannte Praktiker meinten, daß diesem Uebelstand durch einen dicken Anstrich von Oelfarbe abgeholfen werden könne. Davy verwarf jedoch dergleichen Palliative und holte aus den Schachten der Elektrochemie ein Mittel herauf. Dieß Mittel bestand darin, daß er die elektrische Beschaffenheit des Kupfers durch Berührung mit Zink oder Eisen umkehrte. Durch die Berührung mit diesen Metallen wurde eine Kette gebildet, in welcher das Zink oder das Eisen das positive Element, das Kupfer das negative war. Das damit in Berührung sich befindende Seewasser wurde nun so zersetzt, daß die elektronegative Bestandtheile desselben der Sauerstoff und die Säuren am Zink oder Eisen auftraten, die elektropositiven der Wasserstoff und die Oxyde am Kupfer. — Nähere Erfahrungen über diesen Gegenstand haben dargethan, daß Eisen in Berührung mit Zink vollkommen gegen das Zerfressen des Meerwassers geschützt wird. Auch das Zinn im Weißblech wird von dem Eisen geschützt. Hingegen schützt das Zink nicht völlig das Kupfer in lufthaltigem Seewasser. — Man hat es am Zweckmäßigsten gefunden, die Kupferplatten der Kriegsschiffe mit Stücken Gußeisen zu versehen, um das Zerfressen durch das Meerwasser zu verhindern. Man nennt diese Stücke Eisen die Protektoren der Kupferplatten und giebt ihnen eine Oberfläche von $1/_{100}$ bis $1/_{70}$ von der der Kupferplatten. — Es hat sich dieß Verfahren jedoch nicht so praktisch erwiesen, als man anfänglich geglaubt hat, weil durch die hier gebildete hydroelektrische Kette auch die erdigen Salze des Meerwassers zersetzt werden, wodurch es geschieht, daß sich Kalk und Eisenoxyd absetzt, worin dann Seekräuter wurzeln und Muscheln sich absetzen. Dagegen hat sich die Schützung von eisernen Salzsiederpfannen durch Verbindung mit Zink, wie v. Althaus angegeben hat, vollkommen bewährt. Auch Eisenwaaren kann man durch Verbindung mit kleinen Stückchen Zink gegen Oxydation schützen.

Zu den vielen bemerkenswerthen Ergebnissen der neuesten galvanischen Untersuchungen gehört auch das, daß amalgamirtes Zink eine stärkere positive elektrische Wirkung ausübt, als nicht amalgamirtes. Nach der Contakttheorie wird dieß Verhalten daraus erklärt, daß das amalgamirte Zink in der Spannungsreihe vor dem nichtamalgamirten kommt. Welche Erklärung wird die chemische hierüber geben können? Wir erklären die große Wirkung der Grove'schen Säule aus der auf

der Oberfläche des Platins verdichteten Sauerstoff, welcher bewirkt, daß der aus der erregenden Zelle zugeführte positive Bestandtheil sich sogleich oxydirt, wodurch eine Polarisation der Platinbleche unmöglich gemacht wird. Wenn wir nun die Wirkung des Platins aus dem auf der Oberfläche verdichteten Sauerstoff ableiten, so entsteht die Frage, ob nicht eine entsprechende entgegengesetzt elektrische Wirkung durch Verdichtung von Wasserstoff hervorgebracht werden kann? Ich glaube, daß die große Wirkung des amalgamirten Zinks auf diese Weise zu erklären ist. Daß der Wasserstoff der elektropositivste Körper ist und daß man eine außerordentliche Wirkung hervorbringen würde, wenn man ihn seines gasförmigen Zustandes entkleiden könnte, hierüber ist kein Zweifel. In dem Ammoniumamalgam ist er mit Quecksilber in flüssiger Form. Sollte er sich nicht auch im amalgamirten Zink in einem solchen befinden? Ich stellte hierüber folgenden Versuch an, welcher diese Ansicht sehr wahrscheinlich macht. — In ein Gefäß gefüllt mit einer Auflösung von schwefelsaurem Kali in Wasser wurden drei Zinkstängelchen so getaucht, daß sie die Spitzen eines gleichseitigen Dreiecks bildeten. Eins dieser Stängelchen war amalgamirt. Diese drei Stängelchen wurden auf folgende Weise mit meiner kleinen Grove'schen Säule verbunden. Das amalgamirte und das daneben befindliche wurden zur negativen Elektrode gemacht, das gegenüberstehende zur positiven. Die Einrichtung war so getroffen, daß durch einen Draht, der in Quecksilber getaucht wurde, die Säule geschlossen werden konnte. Als dieß geschah, entwickelte sich im ersten Augenblicke der Schließung kein Gas an dem amalgamirten Stängelchen, während ein starker Gasstrom sich sogleich an dem nicht amalgamirten zeigte. Bald darauf entwickelte sich jedoch auch an dem amalgamirten Stängelchen Gas, aber in bei weitem kleineren Gasbläschen als an dem nicht amalgamirten. Da nun offenbar der Wasserstoff an beiden zugleich auftritt, so kann wohl nichts Anderes angenommen werden, als daß er hier in den Zustand der Amalgamation mit dem Quecksilber getreten ist und daß dann erst die Gasentwicklung beginnt, wenn mehr Wasserstoff ausgeschieden wird, als die dünne Schicht Quecksilber aufzunehmen im Stande ist. — Begreiflicher Weise muß dieser Zustand der Amalgamation des Wasserstoffs überall stattfinden, wo verdünnte Säuren auf amalgamirtes Zink wirken. Und, da wir Grund haben anzunehmen, daß der Wasserstoff der elektropositivste Körper ist, so würde die große Wirkung des amalgamirten Zinks unter angegebenen Umständen, wo der gasförmige Zustand der elektropositiven Wirkung des Wasserstoffs nicht entgegen ist, eine genügende Erklärung finden.

Als eines der bemerkenswerthen Ergebnisse, welche durch die Zersetzung der Flüssigkeiten durch den elektrischen Strom hervorgebracht worden ist, kann die Darstellung des Ozons betrachtet werden. Wir verdanken Schönbein unsere Kenntnisse über das Wesen dieses Stoffes. Längst schon kannte man den eigenthümlichen Geruch, den Elektricität verbreitet, welche aus Spitzen ausströmt. Man hielt diesen Geruch für eine Eigenschaft der Elektricität. Nun fand Schönbein, daß derselbe Geruch auch entsteht, wenn Wasser durch einen kräftigen hydroelektrischen Strom zersetzt wird und daß, wenn das Wasserstoffgas und Sauerstoffgas getrennt aufgefangen werden, der Geruch, dem Sauerstoffgas beigemengt ist. Diese Erfahrung macht es sehr wahrscheinlich, daß dieser Geruch von einem Stoff herrührt, der in seiner Natur den Salzbildern, d. h. dem Chlor, Jod, Brom u. s. w. entspricht. Dieser hypothetische Stoff ist von Schönbein mit dem Namen Ozon belegt worden. Die Ansicht, daß es sich hierbei um einen Stoff handle, wird ferner noch durch folgende Umstände wahrscheinlich: man erhält bei der Zersetzung des Wassers diesen Geruch nur, wenn die Anode aus Gold oder Platin besteht, bei Anwendung unedler Metalle oder Kohle erhält man ihn nicht. Man erhält das Ozon, wenn man Wasser anwendet, welches Phosphorsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Salpeter, phosphorsaures Kali oder Glaubersalz aufgelöst enthält, hingegen nimmt man kein Ozon wahr, wenn es die Wasserstoffsäuren des Chlors, Broms und Jods gelöst enthält oder Untersalpetersäure, Chlormetalle oder Eisenvitriol. Es zeigt sich kein Ozon, wenn die wässerigen Lösungen erwärmt werden. Schwefelsäure, welche mit der sechsfachen Menge Wasser verdünnt ist, soll besonders viel Ozon entwickeln.

Leicht oxydirbare Körper, wie Kohle, Arsenik, Antimon, Wismuth in Pulvergestalt, nehmen den Geruch des Ozons hinweg, wenn sie in Pulvergestalt in Sauerstoffgas gebracht werden, worin es sich befindet. Ebenso Auflösungen von Körpern, welche sich leicht oxydiren, wie Eisenvitriol, Zinnchlorür u. s. w. Taucht man Stücke von Platinblech oder Goldblech in eine Atmosphäre von Ozon so verhalten sich diese Blechstücke gegen gewöhnliche desselben Metalls negativelektrisch. Werden diese Bleche hingegen heiß in mit Ozon haltendes Sauerstoffgas eingetaucht so zerstören sie den Geruch desselben. Eben so verliert sich der Ozongeruch, wenn die Spitzen erwärmt werden, aus welchen die Elektricität einer Maschine ausströmt. — Nach De la Rive ist der Geruch verschieden nach den Metalle, welche als Anode angewendet werden. So soll er bei Platin und Silber schärfer und unangenehmer

seyn als bei Gold; bei Kupfer ist er schwach und von anderer Art. Diese Beobachtungen haben De la Rive veranlaßt anzunehmen, der Geruch komme von feinzertheiltem Metall her, welches durch die Elektricität abgerissen und fortgeführt werde.

Der Kreis der Untersuchung über diesen Gegenstand ist neuerdings beträchtlich durch den Umstand erweitert worden, daß es Schönbein glückte auch auf chemischem Wege Ozon darzustellen. Das Verfahren zur Darstellung ist folgendes. In eine große gläserne Flasche, welche zuvor mit Wasser ausgespült worden ist, wird eine frisch abgeschabte Stange klaren Phosphors gebracht, worauf sie lose mit Papier bedeckt wird. Die nun eintretende Ozonbildung hängt von der Temperatur ab. Bei gewöhnlicher Temperatur erfolgt sie in einigen Minuten, bei niederer langsamer. Erstlich zeigt sich in der Flasche Phosphorgeruch, später der des Ozons. Die jetzt mit Ozon geschwängerte Luft hat auch die Eigenschaft Blechstücke von Platin und Gold negativelektrisch zu machen oder wie sich Schönbein ausdrückt, negativ zu polarisiren. Die Aehnlichkeit dieses Körpers mit Chlor u. s. w. ergiebt sich auch daraus, daß es Pflanzenfarben bleicht, ein mit Jodkalium und Stärkekleister bestrichenes Papier schwärzt und wie ich selbst gefunden habe, ein mit weingeistiger Auflösung von Guajak bestrichenes Papier bläut. Jodkalium wird von Ozon zersetzt und das Jod oxydirt sich zur Jodsäure, welche man nachher am Kali gebunden findet. Ferrocyankalium in festem oder aufgelöstem Zustand wird in Ferridocyankalium verwandelt. — Die genauesten Versuche sind neuerdings von Marignac über das Ozon angestellt worden. Daß Stickstoff nicht nothwendig sey zur Bildung des Ozons, wie man früher annahm, ergab sich daraus, daß aus mit Schwefelsäure etwas angesäuerten durch Auskochen von aller atmosphärischen Luft befreiten Wasser bei der Elektrolyse doch Gas erhalten wurde, welches den Geruch des Ozons hatte und die übrigen Reaktionen zeigte. Als eine vorzügliche Darstellungsweise des Ozons ergab sich ihm folgendes Verfahren. Man leite durch eine Glasröhre von 1 Meter Länge und 6 MM. im Lichten, welche mit Phosphorstückchen angefüllt ist, atmosphärische Luft in ihrem gewöhnlichen Zustand. Wird hingegen die Luft trocken angewendet, so bedecken sich die Phosphorstücke mit einer weißen Kruste, die entweichende Luft hat nur einen Phosphorgeruch und ist ohne Wirkung auf Jodkaliumkleister. Reines Sauerstoffgas giebt mit Phosphor behandelt kein Ozon, es nimmt nur den Geruch des Phosphors an und wirkt auf Jodkaliumstärke. Reines Stickstoffgas giebt ebenfalls kein Ozon, hingegen eine künstliche Mischung von 4 Th. Stickstoffgas und 1 Th.

Sauerstoffgas. Ebenso erzeugt reines Wasserstoffgas über Phosphor geleitet kein Ozon. Aber ein Gemisch von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas über Phosphor geleitet giebt Dämpfe, welche nach Ozon riechen und Jodkaliumstärke schwärzen. Im letzteren Fall soll die Ozon-Entwicklung noch lebhafter vor sich gehen. Das Ozon wird nicht von Wasser, Chlorcalcium, Barytwasser, so wie concentrirter Schwefelsäure aufgenommen. Eine Auflösung vom Jodkalium wird beim Durchleiten ozonisirter Luft gelbbraun. Als Marignac ein Monat hindurch ununterbrochen ozonisirte Luft durch eine Auflösung von 2 Gramm Jodkalium leitete, wurde dieß zersetzt und ein Produkt erhalten, welches nur jodsaures und kohlensaures Kali enthielt. — Man ist gegenwärtig noch außer Stand etwas sicheres über die Natur dieses Körpers aufstellen zu können.

§. 8.

Technische Anwendung des Galvanismus, Galvanoplastik. Galvanographie, Galvanokaustik. Galvanometallotik.

Unstreitig ist Jacobi als derjenige anzuführen, welcher zuerst mit Bestimmtheit mit der technischen Anwendung des Galvanismus hervortrat, welcher man den Namen Galvanoplastik gegeben hat. Er hat seine Erfindung in einer Schrift, die Galvanoplastik, welche im Jahre 1840 erschien, niedergelegt. Seit dieser Zeit ist diese Erfindung von mehreren Gelehrten bearbeitet und nach verschiedenen Richtungen hin verfolgt worden. Die Beobachtung, welche diese Technik begründete, war, daß Kupfer aus einer Kupferauflösung galvanisch auf eine Metallplatte niedergeschlagen alle auch die feinsten Unebenheiten derselben annahm. Diese Thatsache würde jedoch noch nicht hinreichend zur technischen Anwendung des Galvanismus gewesen seyn, weil das unmittelbar galvanisch auf Metallplatten niedergeschlagene Kupfer so fest an denselben heftet, daß es nur schwierig oft gar nicht davon zu trennen ist. Nun fand man aber, daß diese Fällung auch noch dann stattfindet, wenn die metallische Unterlage, worauf das Kupfer gefüllt werden soll mit einer dünnen Schicht Oel oder Talg überzogen ist und daß dann der galvanische Ueberzug leicht von der Unterlage getrennt werden kann. Diese Schicht kann hierbei so dünn aufgetragen werden, daß dadurch der Zeichnung des Gegenstandes, welcher abgedruckt werden soll, nicht im Geringsten Schaden zugefügt wird. Zur Hervorbringung dieser galvanischen Ueberzüge wendet man eine constante Kette an, bei welcher die leitende Flüssigkeit ein Kupfersalz, gewöhnlich Kupfervitriol ist. Ich will hier eine Abbildung des Apparats geben,

dessen ich mich zu diesem Zweck bediene. In ein geräumiges Zuckerglas wird ein anderes, welches im Verhältniß, wie es die Figur angiebt, kleiner ist und dessen Boden abgesprengt ist, mit der Oeffnung nach unten eingelassen. Die untere Oeffnung ist mit Blase zugebunden. An demselben befinden sich drei Drähte von Kupferdraht, gleichweit von einander abstehend, welche am unteren Ende des Glases durch einen Ring von Kupferdraht, welcher um den Hals des Glases läuft, befestiget ist. Da, wo das innere Glas in der Höhe des Randes des äußeren ist, läuft ein Kupferdraht um dasselbe. An diesem sind drei Kupferdrähte angebracht, welche zu Hacken umgebogen sind, vermittelst welchen das innere Glas an den Drahtreif des äußeren aufgehängt wird. In das Zinkstück (a) ist ein Streifen von Kupferblech während des Schmelzens eingelassen. Dieser Streifen ist mit einem anderen Streifen von Kupferblech (c), welcher oben und unten rechtwinklich gebogen ist, mittelst einer Zwinge verbunden. Es darf hierbei nicht außer Acht gelassen werden, daß die beiden Enden der Kupferstreifen blank gemacht werden müssen. Die Kupferstreifen ruhen auf einem Stückchen Holz (d). Auf das untere Ende des Kupferstreifens b wird die Münze oder der Gegenstand gelegt, von welchem ein galvanischer Kupferabdruck genommen werden soll. Der äußere Rand desselben, so wie die untere Seite mit Ausnahme der Stelle, wo die Münze aufliegt, wird mit einer nichtleitenden Substanz Harz oder Siegellack überzogen, ebenso der Kupferstreifen so weit er in die in das Gefäß einzugießende Flüssigkeit eintaucht. In das äußere Glas wird eine concentrirte Auflösung von Kupfervitriol gebracht, welcher noch Stücke von Kupfervitriol zugesetzt werden, um den Verbrauch zu ergänzen, in das Innere des zweiten Glases, worin sich das Zink befindet, wird eine erregende Flüssigkeit, z. B. verdünnte Schwefelsäure mit etwas Salpetersäure gegossen. Durch die erregende wird jetzt vom Zink aus ein elektrischer Strom erzeugt, der in die Kupfervitriollösung tritt, diese zersetzt, sich des Kupfers bemächtiget und dieses zur Münze führt, hier das Kupfer absetzt und durch den Kupferstreifen zurück zum Zink geführt wird. Während dieses Umkreisens des elektrischen Stroms wird fortwährend Kupfervitriol zersetzt und das Kupfer an der Oberfläche der Münze abgelagert. Hierdurch entsteht eine dichte Schicht niedergeschlagenen Kupfers auf der Oberfläche der Münze.

Nachdem man glaubt, daß diese Schicht dick genug ist, um die gehörige Consistenz zu haben, wird der kupferne Streifen c mit der Münze und Abdruck aus der Flüssigkeit genommen. Am Rand der Münze ist immer mehr Kupfer niedergeschlagen als in der Mitte derselben. Der Grund hiervon ist offenbar kein anderer, als daß durch Ränder und Spitzen die Mittheilung der Elektricität schneller erfolgt als durch Flächen. Dieser Rand wird zuvörderst abgefeilt, worauf, wenn vorher die Münze mit einem dünnen Ueberzug von Oel versehen war, der Abdruck sich leicht abnehmen läßt. Um diesen Ueberzug so dünn als möglich zu machen, kann man sich folgenden Verfahrens bedienen. Man erwärmt die Münze oder den Gegenstand, der abgedrückt werden soll und legt ihn erwärmt auf eine Talgfläche. Die Münze schmilzt das unter ihr befindliche Talg und sinkt nun etwas ein. Nachdem sie erkaltet ist, zieht man sie wieder heraus. Es ist jetzt eine ungemein dünne Schicht von Talg auf ihrer Oberfläche sitzen geblieben, welche aber vollkommen hinreichend ist, um das unmittelbare Aneinanderhaften des niedergeschlagenen Kupfers an der Unterlage zu verhindern. Diese galvanoplastische Abdrücke besitzen eine Schärfe und Genauigkeit der Zeichnung des abgedruckten Gegenstandes, von welchem man früher keine Ahnung gehabt hat. — Einen recht auffallenden Beleg für die eben aufgestellte Behauptung giebt die galvanische Vervielfältigung von radirten Kupferplatten oder die Polytypie. Man kann nämlich auf einer radirten Kupferplatte eine zweite galvanisch erzeugen, welche die vertiefte Zeichnung der ersten erhaben giebt und von dieser erhabenen läßt sich dann wieder eine vertiefte galvanisch abnehmen, welche wie die erste gebraucht werden kann. Man hat hierdurch den Vortheil, daß wenn die Originalplatte durch Abdruck abgenutzt worden ist, die galvanische an ihre Stelle benützt werden kann. Die von beiden Platten erhaltenen Abdrücke gleichen sich auf eine Weise, daß selbst ein geübtes Auge kaum einen Unterschied wahrzunehmen weiß. Es ist dem Hr. Dr. Böttger in Frankfurt a. M. gelungen eine ganz vorzügliche Platte dieser Art auf einer radirten Kupferplatte zu Stande zu bringen. Letztere ist eine 10″ lange und 8″ breite Kupferplatte, auf welche von dem Kupferstecher Felsing in Darmstadt die Copie eines Christuskopfs von Antonio Crespi radirt ist. Hr. Dr. Böttger hatte die Güte mir zwei Abdrücke, den einen von dem Original, den anderen von der galvanischen Platte zu schicken. Beide Abdrücke sind sich so gleich, daß man Mühe hat den Unterschied aufzufinden.

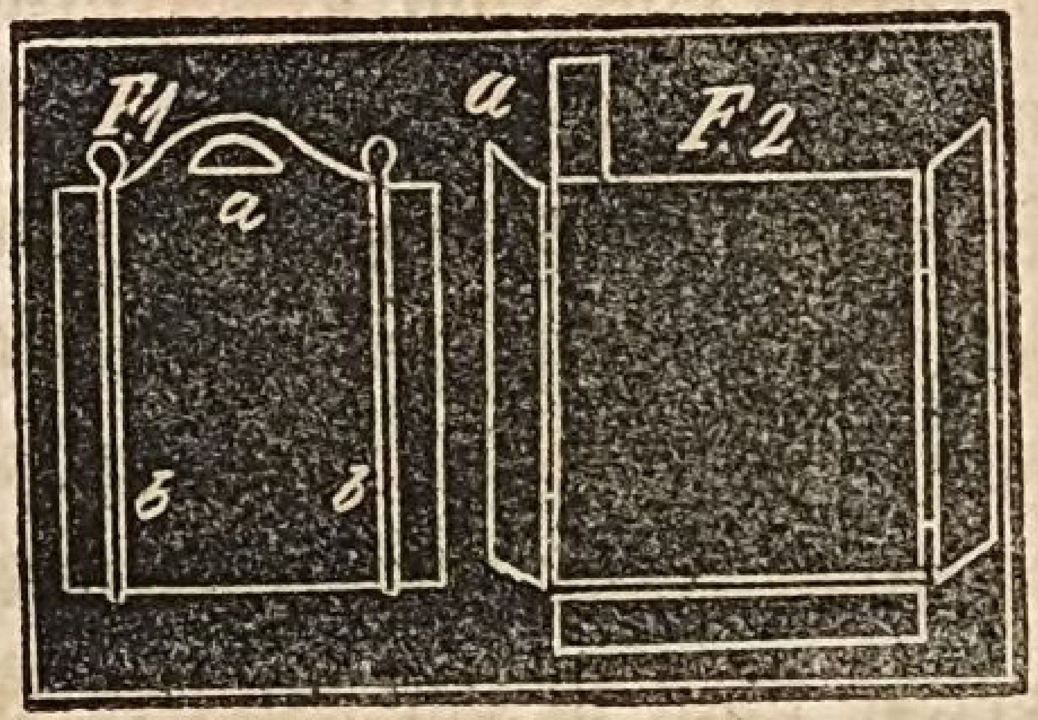
Das Einzige, was bei diesem Verfahren dem Experimentator unangenehm entgegentritt, ist, daß man vier bis fünf Tage und wohl

noch länger warten muß, bevor der Kupferabdruck diejenige Dicke erhalten hat, die gestattet, ihn, ohne daß er zerbricht, von der Unterlage abzunehmen und daß es leicht geschieht, daß der Abdruck beim Abnehmen etwas verletzt wird. Es ist hierbei noch anzuführen, daß während der Operation die erregende Flüssigkeit mehrmals erneuert werden muß. Im Betreff des ersten Punkts kann durch einen stärkeren galvanischen Strom nicht geholfen werden, weil das galvanisch niedergeschlagene Kupfer eine gewisse Consistenz haben muß, welche es nur durch einen langsam wirkenden Strom erlangt. Was die Schwierigkeit der Trennung der Platten angeht, so überwindet man sie am besten dadurch, daß man, nachdem man mit einer Messerklinge eine Spalte zwischen beiden bewirkt hat, einen feinen hörnernen Spatel dazwischen klemmt und durch Druck mittelst diesen die Trennung bewirkt. — Diese Schwierigkeiten haben mich zu einem Verfahren geleitet durch Compression von mit Wasserstoffgas reduzirtem Kupfer Abdrücke hervorzubringen (Koniplastik). Da es aber rein chemisch ist, so findet die Beschreibung desselben hier keine Stelle. Sollen Abdrücke von Gegenständen genommen werden, welche die Elektricität nicht leiten, wie Gemmen und Cameen, so müssen von diesen erst Abdrücke in leitenden Substanzen genommen werden. Hierzu ist Verschiedenes vorgeschlagen worden. 8 Th. Wismuth, 8 Th. Blei und 3 Th. Zinn werden geschmolzen und nachdem die Oberfläche dieser Metallmischung völlig blasenfrei ist, wird der abzuformende Körper, vorher erwärmt und behutsam in dieselbe gedrückt. Man läßt ihn so lange darin bis die Mischung erkaltet ist. Tabacksblei, welches vorher mittelst Kalilauge von Fett und Schmutz befreit worden ist, wird in mehreren Schichten auf den abzuformenden Körper gedrückt. Galvanische Kupferabdrücke hierauf sollen ganz besonders schön ausfallen. Andere Substanzen, wie Wachs, Talg, Gyps, welche ebenfalls zu Formen angewendet worden sind, müssen vorher erst leitend gemacht werden, was entweder dadurch geschieht, daß man ihnen vorher eine leitende Substanz beigemengt, wie pulverisirten Graphit oder sie, nachdem die Form hiervon gebildet ist, damit überzieht. Man haucht zuerst auf die Form, taucht dann mit einem weichen Pinsel in fein pulverisirten Graphit und überzieht hiermit dieselbe bis sie eine glänzende Oberfläche von dem Graphitpulver erhalten hat. Man hat auch die Metalle mit einer Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd überzogen und diesen Ueberzug nachher mit Phosphorwasserstoffgas oder mit Dämpfen von Terpentinöl, welches vorher Phosphor aufgelöst hatte, reduzirt und hierdurch leitend gemacht. — Um Figuren galvanisch in Kupfer darzustellen ver-

schaffe man sich zuerst eine Gypsform von ihnen, streiche das Innere der Formstücke mit Stearin und Graphitpulver aus und mache sie hierdurch leitend. Hierauf setze man die ganze Figur aus diesen Stücken zusammen, fülle sie mit einer concentrirten Auflösung von Kupfervitriol, der man noch eine gehörige Anzahl Stücke Kupfervitriol zusetzt und mache die innere leitende Fläche zur negativen Elektrode einer Batterie, welche aus wenigen aber großen Elementen besteht, während eine Stange Kupfer, welche man in das Innere der Flüssigkeit senkt, als positive Elektrode dient. Es wird sich jetzt das Kupfer metallisch an den inneren Wandungen niederschlagen. Nachdem es die gehörige Dicke erhalten hat, wird die Form auseinander genommen.

Die Galvanographie. Hierunter wird ein Verfahren verstanden, Kupferplatten zu Abdrücken auf galvanischem Wege vorzubereiten, als deren Erfinder v. Kobell in München zu betrachten ist. Auf eine blank gemachte silberplattirte Kupferplatte wird mit Farben, welche mit einer Auflösung von Wachs und etwas Dammarharz in Terpentinöl angemacht sind, die Zeichnung aufgetragen. Stellen, welche im Abdruck weiß erscheinen sollen, werden nicht bemalt, Stellen, welche dunkel erscheinen sollen, werden um so dicker aufgetragen, je dunkler sie sich ausnehmen sollen. Auf Stellen, welche recht dunkel hervortreten sollen, wird noch Oelfarbe aufgetragen und hierauf Graphitpulver gepudert und durch Umdrehen und Abstoßen die Theile des Pulvers, welche nicht angeklebt haben, davon getrennt. Nachdem der Ueberzug völlig getrocknet ist, wird dann auf die Platte galvanisch eine Kupferplatte gefällt, welche alle erhabenen Stellen vertieft wiedergiebt und wie eine gewöhnlich geätzte Platte zum Abdruck benutzt werden kann. — Ich besitze Abdrücke von solchen Platten, welche sehr schön sind.

Die Galvanokaustik. In der Beilage zur allgemeinen Zeitung vom 3. August 1841 Nr. 217 machte ich unter dem Namen: Anwendung des hydroelektrischen Stromes als Aetzmittel, ein Verfahren bekannt, galvanische Zeichnungen auf Metallplatten zu ätzen. Später erfuhr ich, daß schon ein Jahr früher Thomas Spencer in England dergleichen Versuche angestellt hatte, was mir jedoch nicht zur Kenntniß gekommen war. In einer Schrift: „die Anwendung des hydroelektrischen Stroms als Aetzmittel" habe ich meine Erfahrungen über dieses Verfahren niedergelegt, so wie in meinen Beiträgen zur Chemie und Physik meine weiteren Erfahrungen über diese technische Kunst mitgetheilt. Ich werde jetzt den Leser mit dem Hauptsächlichsten derselben bekannt machen. — Als Elektromotor bediene ich mich einer einfachen Kette, welche in nachstehender Figur abgebildet ist. Figur 1 ist eine gegossene Zinkplatte 11" 5''' hoch, 8" 9''' breit



und $^{1}/_{2}''$ dick. a ist eine Oeffnung, durch welche ein Stück Holz gesteckt wird, dessen Bestimmung ist die Platte aufzuhängen. b b sind dicke Bindfaden, welche um die Platte gebunden sind und die Berührung des Zinks mit der Kupferplatte verhindern sollen. Figur 2 ist ein Kupferblech von der Höhe der Zinkplatte aber $^{3}/_{4}''$ breiter, auf drei Seiten mit beweglichen Kupferblechen von 1'' 2''' Breite versehen, welche durch Gelenke von demselben Metall an dem mittleren Kupferblech befestiget sind. a ist ein Kupferstreifen $2^{1}/_{2}''$ lang und 1'' breit. Zu diesem gehört noch ein zweites Kupferblech von derselben Größe ohne Nebenwände mit einer gleich breiten Verlängerung wie a aber nur halb so lang. Zur Aufnahme dieser Metallstücke dient ein Kasten von Holz 11'' 5''' hoch, dessen innerer Raum 9'' 7''' lang und 1'' 6''' breit ist. Um ihn wasserdicht zu machen wird er mit einer Auflösung von Asphalt in Terpentinöl angestrichen. Man bestreicht hauptsächlich die Fugen des Kastens. Ist der Ueberzug trocken, so untersucht man durch Einfüllung von Wasser, ob er wasserdicht ist. Sollte er es nicht seyn, so muß man an den Stellen, welche noch Wasser hindurchlassen, den Ueberzug wiederholen. Bei dem Gebrauch werden zuerst die Kupferbleche in den Kasten eingelassen. Die inneren Wände sind jetzt völlig mit Kupfer umgeben. Hierauf wird die Zinkplatte eingelassen und durch ein Stückchen Holz, welches in die Oeffnung a gesteckt wird, auf dem Rand des Kastens aufgehängt. Indem man abwechselnd an beiden Seiten der Zinkplatte neben der Oeffnung a drückt, erfährt man, ob sie völlig frei schwebt. Sie darf nirgends das Kupfer berühren und man muß sich, bevor man den Elektromotor anwendet, überzeugen, daß dieß wirklich der Fall ist. Die Verlängerungen des Kupferblechs a werden umgebogen und ein Leitungsdraht daran angeschraubt. Als erregende Flüssigkeit bediene ich mich Brunnenwasser 4 Prc. Vitriolöl und 1 Prc. Salpetersäure enthaltend.

Es kann das galvanokaustische Verfahren als eine Umkehrung des galvanoplastischen betrachtet werden. So wie bei diesem durch Zuführung und Ablagerung von metallischen Kupfertheilen Formen erzeugt werden, entstehen diese bei jener durch Hinwegführung von Metalltheilen durch den Strom. Da der Strom hierbei als Aetzmittel wirkt, so ergiebt sich hieraus der Name Galvanokaustik. — Um sich eine deutliche Vorstellung von der hierbei stattfindenden Wirkung des Stromes zu machen, denke man sich zwei Kupferplatten vertikal und

parallel in einer Kupferauflösung aufgehängt, durch welche ein elektrischer Strom geleitet werde. Auf der Platte, welche die positive Elektrode bildet, sey mit einer in der Flüssigkeit unauflöslichen Tinte eine Zeichnung aufgetragen. Indem nun durch den Strom das in der Flüssigkeit aufgelöste Salz zersetzt wird, tritt an dieser Platte die Säure auf und löst das Metall an den Stellen, welche nicht bezeichnet sind. Nimmt man nun, nachdem der Strom einige Zeit hindurchgegangen ist, die Platte heraus und wäscht sie erst mit Wasser, dann mit Weingeist ab, so findet man auf ihr die Zeichnung erhaben. — Ich habe von diesem Verfahren hauptsächlich zwei Anwendungen gemacht, nämlich vertieft und erhaben zu ätzen.

1) Sollen Zeichnungen auf blanken Metallflächen geätzt werden, von welchen Abdrücke, wie von in Kupferstichmanier geätzten Platten genommen werde, so verfahre man auf folgende Weise. Nachdem die Kupferplatte völlig blank gemacht und polirt worden ist, wird sie mit dem Wachs der Kupferstecher überzogen. Ich habe mich auch mit Vortheil einer Tinte bedient, welche durch Zusammenreiben von Kienruß, venetianischen Terpentin und Terpentinöl erhalten worden war. Nachdem dieser Ueberzug trocken geworden ist, wird mit einer Metallspitze die Zeichnung aufgetragen, so daß die Metallfläche zum Vorschein kommt. Hierauf wird diese Platte einer anderen gleichgroßen gegenüber in einer Auflösung von Kupfervitriol gehängt und durch beide ein elektrischer Strom geführt. Zum Aufhängen dient ein Stückchen Holz, welches mit Einschnitten versehen ist. In diese Einschnitte werden Kupferstreifen geschoben, welche an die Platten angelöthet sind. Es wird die gezeichnete Platte mit dem Kupferblech des Elektromotors, die nicht gezeichnete mit der Zinkplatte verbunden. Indem der Strom durch die Lösung geht, wird das schwefelsaure Kupferoxyd zersetzt, die Säure tritt an der gezeichneten Platte auf und ätzt, während sich das Kupfer des Salzes an der gegenüber befindlichen Platte niederschlägt. Es entsteht hierbei die Aufgabe, wie lange muß man die zu ätzende Platte in der Auflösung lassen, damit die Aetzung nicht zu schwach und nicht zu stark ausfalle. Ich habe diese Aufgabe auf folgende Weise gelöst. Auf dem Kupferstreifen, welcher an der gezeichneten Platte angelöthet ist, wird von dem Deckmittel aufgetragen. In diesem Ueberzug werden mit einer Radirnadel drei parallele Striche in einem Abstand von ungefähr 2''' von einander gezogen. Von der Kupfervitriollösung wird nun so viel in das Glas gegossen, worin die beiden Platten sich befinden, daß die Auflösung diese gezeichnete Stelle bedeckt und die beiden Platten hierauf auf angegebene Weise mit dem Elektromotor

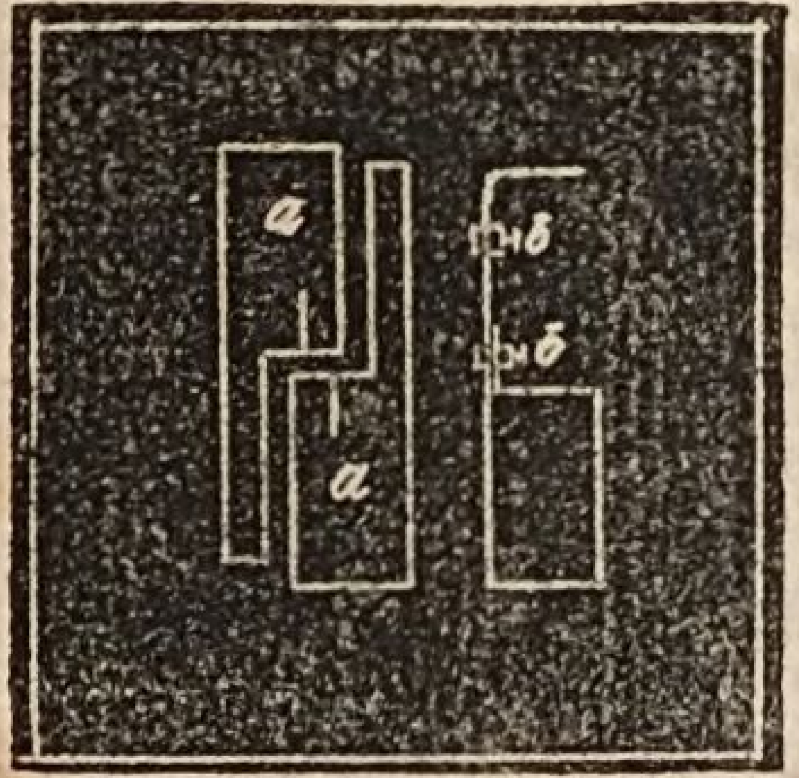
verbunden. Der Strom ätzt nun die gezeichnete Platte. Von Zeit zu Zeit wird die gezeichnete Platte herausgenommen und ein Strich entblöst, indem man die Stelle mit Terpentinöl reibt. Man betrachtet die Stelle mit der Loupe, um zu sehen wie tief die Aetzung gegangen ist. Ist die Linie so tief geätzt, daß der Nagel eines Fingers, mit dem man darüber hinweggleitet, Widerstand findet, so kann die Platte als hinlänglich geätzt aus der Flüssigkeit genommen werden. Ist dieß noch nicht der Fall, so wird sie wieder in die Flüssigkeit gebracht und mit dem Aetzen so lange fortgefahren bis die Linie die angegebene Tiefe hat.

Ich habe auf diese Weise nicht blos Kupferplatten, sondern auch Stahlplatten geätzt. Bei der Aetzung von Stahlplatten wurde als Gegenplatte eine gleich große Platte von Eisen angewendet und als elektrolytische Flüssigkeit Eisenchlorür in Wasser gelöst.

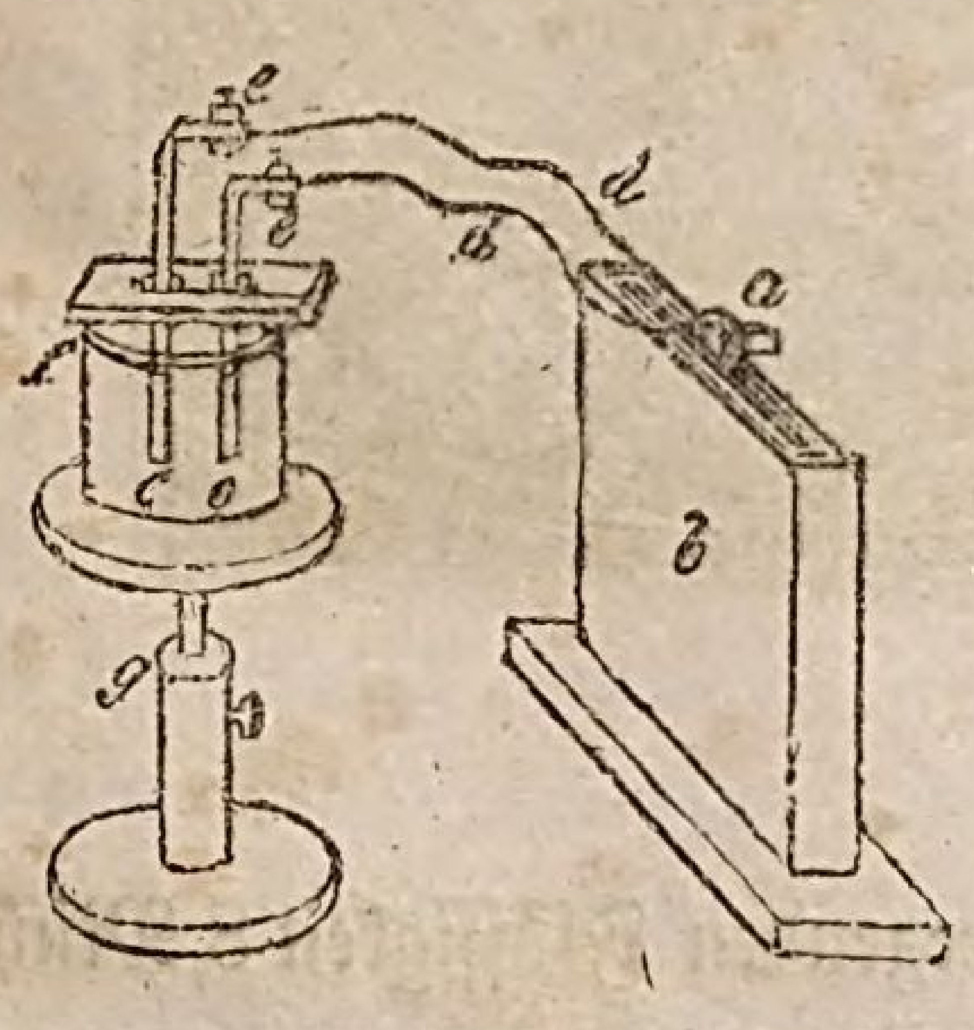
Ein besonderer Vortheil, welchen dieß Verfahren gewährt, ist, daß der Abdruck keine Schwärze in den Furchen zurückläßt, die Platten sind, um mich des Ausdrucks des Kupferdruckers Sturms zu bedienen, welcher die Abdrücke besorgte, nach dem Abdruck wie ausgekocht. Hingegen bleibt bei den auf gewöhnliche Weise geätzten Platten meist Schwärze zurück. Ich erkläre mir diesen Umstand auf folgende Weise. Zu einer jeden chemischen Wirkung gehört eine gewisse Zeit. Da nun bei der gewöhnlichen Aetzung die Säure längere Zeit mit der Platte in Berührung bleibt, so ätzt sie nicht blos senkrecht gegen die Oberfläche der Platte, sondern sie greift zugleich auch die Wände der Furchen an. Diese Aetzung der Wände hat zur Folge, daß sich die Furchen nach unten erweitern und der Boden breiter wird, als die Oeffnung. Vortheilhaft für das hydroelektrische Verfahren ist ferner der Umstand, daß wegen senkrechter Stellung der zu ätzenden Platten in dem Aetzmittel, die durch den Angriff entstandene Verbindung fortwährend von der Platte abläuft und neue Metallfläche der Aetzung dargeboten wird. — Für Aetzung von Zeichnungen, welche Karten darstellen, würde sich dieß Verfahren ganz besonders eignen. Abbildungen von Kupferplatten, welche nach diesem Verfahren geätzt sind, finden sich in erwähnten Schriften. Es läßt zu diesem Zweck angewendet nichts zu wünschen übrig.

2) Ich habe es ferner benutzt, um Zeichnungen auf Platten erhaben zu ätzen, welche dann wie Holzschnitte zu Abdrücken benutzt werden können. Sämmtliche in diesem Buche enthaltenen Abbildungen sind Abdrücke solcher Platten. Als Material habe ich mich anstatt des Kupfers Zinn bedient. Man kann sich von diesem Metall leicht Plat-

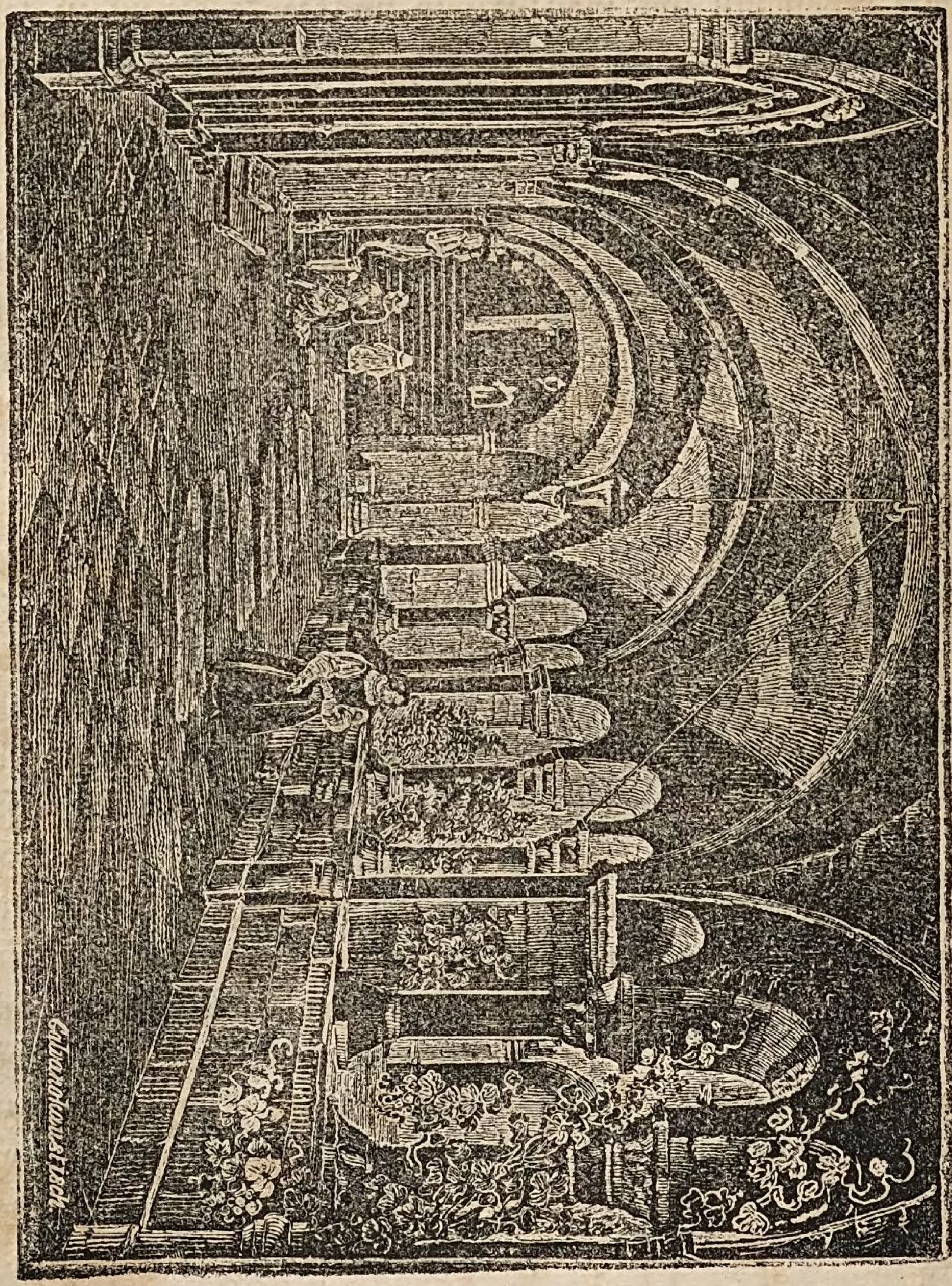
ten von beliebiger Größe verschaffen. Ich habe mich zu den Platten, welche in diesem Buch verwendet wurden, einer messingenen Form bedient, welche gebraucht wird, um Zinkplatten zur voltaischen Säule zu gießen. Den runden Scheiben wurde durch Beschneidung die viereckig Form gegeben. Als Aetzmittel wurde eine Auflösung von Zinnchlorür in Wasser gebraucht. Zinnplatten sind leichter zu ebnen als Kupferplatten und von gleicherer Beschaffenheit. Die Zinnplatten werden zuerst abgefeilt, hierauf mit Bimsstein und Oel abgerieben. Man bringt sie dann in eine Auflösung des Zinnchlorürs in Wasser und erhitzt sie darin bis die Flüssigkeit kocht. Hierdurch wird der Oberfläche die Glätte benommen und man ist nun im Stande darauf zu zeichnen. Hierauf wird die Zeichnung aufgetragen, entweder mit der angegebenen Tinte oder mit lithographischer, womit wenigstens die Lithographen, welche für mich gezeichnet haben, lieber umgehen. Wird diese angewendet, so ist es gut, wenn die Zeichnung zweimal aufgetragen wird, wenigstens bei Zeichnungen, bei welchen, wie bei Instrumenten und Apparaten einzelne Linien geätzt werden sollen. Ist die Zeichnung aufgetragen und ausgetrocknet, so wird eine Zinnplatte von derselben Größe geformt und geebnet, wie die ist, auf welcher die Zeichnung aufgetragen worden ist. Hierauf werden beide Platten in Rahmen von Kupferstreifen eingefaßt und darin mit Klemmschrauben befestiget. In diesem Zustand werden sie beide in ein cylindrisches Glas eingelassen, so daß die beiden Platten vertikal hängen und einander gerade gegenüber stehen. Das Aufhängen geschieht dadurch, daß die Enden der Kupferstreifen in zwei Einschnitte zweier über der Oeffnung des Gläschens liegenden Brettchen geschoben und hierdurch befestiget werden. S. obige Fig. aa.



Beigegebene Figur stellt den Aetzapparat mit dem Elektromotor vor. b ist der Elektromotor, d d sind die Leitungsdrähte, e e die Zwingen, um diese an die Kupferstreifen zu befestigen, welche die Zinnplatten enthalten, f ist das Gläschen, in welches die Zinnchlorürlösung zur Aetzung der Platten gegossen wird. Es wird so viel davon hineingegossen, daß die Platten sich völlig unter der Flüssigkeit befinden. So wie die erregende Flüssigkeit in den



Elektromotor gegossen und die Kette durch die Leitungsdrähte geschlossen ist, wird die Zinnchlorürlösung zersetzt. Das Chlor tritt an der Zinnplatte auf, welche die positive Elektrode bildet, und ätzt das metallische Zinn an der negativen. — Ist die Zinnplatte ganz überzeichnet, so daß die freien Stellen der Zinnplatte nicht mehr, als ungefähr ½—1 Millimeter betragen, so kann die Platte mit einer einmaligen Aetzung fertig gemacht werden. Nachfolgendes Bild ist der Abdruck von einer Zinnplatte, welche nur einmal geätzt wurde und zwar mit Anwendung



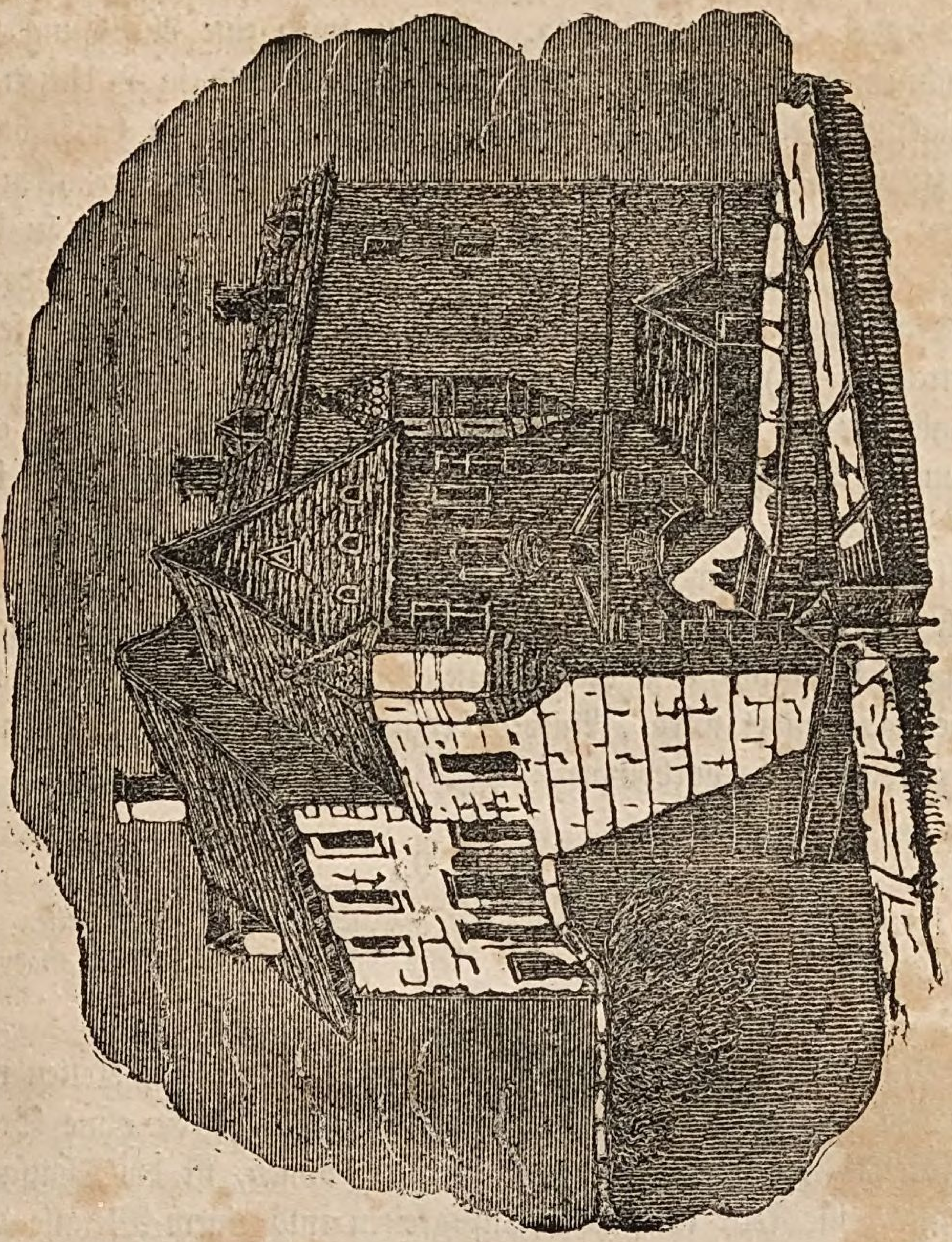
des angegebenen Elektromotors und der erregenden Flüssigkeit 8 Minuten lang in der Zinnchlorürlösung erhalten wurde.

Sind jedoch die Räume zwischen den Strichen weiter auseinander, so reichen 8 Minuten Aetzung nicht hin und es entstehen Schwierigkeiten, welche nicht so leicht zu beseitigen sind. — Die Druckerwalzen sind weich und gehen vermöge dieser Weichheit bis zu einer gewissen Tiefe in die tiefgeätzten Stellen. Es müssen diese daher im Verhältniß ihrer Breite um so tiefer seyn, damit ihr Boden nicht von der Walze erreicht werde. Nun scheint es zwar, daß mittelst eines Deckmittels, welches der auflösenden Wirkung des Aetzmittels widersteht, Platten so hergerichtet werden können, daß eine einmalige Aetzung hinreichend wäre, sie in brauchbaren Zustand zu versetzen. Dem ist jedoch nicht so. Je tiefer nämlich das Aetzmittel ätzt, um desto mehr wirkt es auch ätzend auf die Seiten der gezeichneten Linien. Diese verlieren hierdurch ihre scharfen Kanten und werden schartig. Diesem Uebelstand kann nun auf folgende Weise abgeholfen werden. Gesetzt es handelte sich darum eine Zinnplatte von zwei Quadratzoll Oberfläche zu ätzen. Bei Anwendung des beschriebenen Elektromotors, der angegebenen Flüssigkeit und einer concentrirten Auflösung von Zinnchlorür, wird man die gezeichnete Platte 7—8 Minuten in den Strom zu erhalten haben. Ist die Platte größer, so gehört mehr Zeit dazu, ist sie kleiner, weniger. Sehr fein gezeichnete Platten müssen begreiflicher Weise geringere Zeit im Strom erhalten werden. Ist diese Zeit vorüber, so nimmt man sie aus der Aetzflüssigkeit und wäscht sie mit Wasser ab, wodurch eine graue Substanz, welche sich auf der Oberfläche der Platten befindet, entfernt wird. Ist dieß geschehen, so trocknet man sie und fängt nun an die Striche der Zeichnung zu decken. Als Deckungsmittel bediene ich mich einer Auflösung von Schellack in Weingeist, der etwas Kienruß und Terpentin zugesetzt wird. Mittelst eines Haarpinsels trägt man das Deckungsmittel zuvörderst auf alle Striche der Zeichnung, welche in einer Richtung liegen, hierauf dreht man die Platte um einen rechten Winkel herum und trägt das Deckungsmittel jetzt auf alle die Striche, die in dieser Stellung in einer Richtung liegen. Beim Decken muß man darauf sehen, daß nicht blos die obere Flächen der Striche gedeckt werden, sondern auch ihre Seiten. Um dieß bewerkstelligen zu können, lege ich beim Decken die Platten auf einer Seite etwas erhöht. Ferner muß man das Deckungsmittel etwas die Breite der Striche überschreiten lassen. Es ist gut, wenn man das Deckungsmittel mehrmals aufträgt. Nachdem es trocken geworden ist, nimmt man eine Radirnadel und radirt mit dieser die Deckung an den Stellen hinweg, wo sie etwa zu sehr auf die Fläche sich ausgebreitet hat, welche nicht gedeckt werden soll. Diese Deckung der Striche mit Um-

fang hat zum Zweck bei der zweiten starken Aetzung eine seitwärtige Aetzung zu vermeiden. Ist die Deckung trocken, so werden die Platten in dem Aetzmittel einander gegenüber gehängt und die gezeichnete Platte wenigstens einer halbstündigen Aetzung ausgesetzt. — Nach dieser Zeit wird sie herausgenommen, erst mit Wasser und dann mit Weingeist abgewaschen. Die Aetzung kann jetzt als beendet angesehen werden, sollten sich noch einige Stellen vorfinden, welche beim Abdruck schwärzen, so können diese entweder besonders weggeätzt oder mittelst eines kleinen Hohlmeisels vertieft werden. — Der später folgende Abdruck einer Landschaft so wie die Abbildungen der Apparate in diesem Buche sind auf diese Weise erhalten worden. — Ich muß noch hinzufügen, daß ich mich vom 7. Bogen dieses Buches an, um schnell recht stark zu ätzen, meiner Grove'schen Säule s. S. 99 bedient habe und als Aetzgrund lithographischer Tinte, nachdem sie zur Hälfte mit Wachs versetzt worden war. Tinte dieser Art hält 1—2 Minuten länger die Aetzung aus. Bei Abbildungen, welche weiß auf schwarzen Grund erscheinen sollen, wurden die Platten erst mit einem Deckgrund, einer Auflösung von Asphalt in Terpentinöl, überzogen und dann die Zeichnung mit einer Nadel eingetragen. Zur Aetzung dieser Platten habe ich mich meist meiner kleinen Grove'schen Säule aus drei Elementen in gewöhnlichen Obertassen befindlich bedient. Drei Minuten sind zur Aetzung hinreichend.

Galvanometallotik. Hierunter wird ein Verfahren verstanden, Metallflächen mit anderen Metallen galvanisch zu überziehen. a) Vergoldung. Daß man Gold galvanisch auf andere Metalle niederschlagen könne war längst bekannt. Bei einer technischen Anwendung handelte es sich aber darum eine zweckmäßige Goldauflösung zu diesem Zweck zu ermitteln. Es haben sich mit der Lösung dieser Aufgabe viele Chemiker beschäftiget und ich werde jetzt diejenigen Lösungen angeben, welche sich als die zweckdienlichsten ergeben haben. Als geeignet haben sich erwiesen Goldchloridkalium gelöst in Cyankalium, Goldchloridkalium gelöst in Natron und Schwefelgold in neutralem Schwefelkalium. Von diesen drei Flüssigkeiten soll die letzte die beste seyn. Es lassen sich damit Platin, Silber, Kupfer, Pakfong, Stahl, Eisen und Zinn vergolden, doch muß letzteres zuvor mit Kupfer überzogen seyn. Als zweckmäßig kann das Verfahren vom Dr. Kaiser angegeben werden. Auf 1 Ducaten werden 2 Loth Königswasser gegossen und dieser darin durch Erwärmen aufgelöst. Man entfernt durch Abdampfen die freie Säure und stellt Chlorgold dar. Es wird dieß gewogen und auf 1 Gewichtstheil davon 10 Gth. Blutlaugensalz und 100 Gth. Wasser genom-

men. Die Flüssigkeit wird erwärmt. Reagirt sie noch sauer, so wird sie mit kohlensaurem Kali neutralisirt. Sie wird hierauf filtrirt und ist nun zum Gebrauch fertig. Zur Hervorbringung des elektrischen Stroms kann irgend ein Elektromotor oder eine Säule angewendet



werden. Sie muß um so stärker wirken, je größer die zu vergoldende Oberfläche ist. Ich bediene mich gewöhnlich der beschriebenen kleinen Grove'schen Säule. Die Goldauflösung wird in ein cylinderförmiges Glas gegossen, der zu vergoldende Gegenstand an einem Platindraht in die Auflösung gehängt und zur negativen Elektrode gemacht und ihr gegenüber ein Goldstück an einem Platindraht befestiget, welches als positive Elektrode dient. Der zu vergoldende Gegenstand muß

vorher so blank als möglich gemacht worden seyn. Es ist gut den Gegenstand während der Vergoldung herauszunehmen, ihn mit einem trockenen Tuch abzureiben und wieder in die Auflösung einzusenken. b) Verplatinirung. Nach Böttger lassen sich nur Silber, Messing und Kupfer gut mit Platin überziehen. Als Flüssigkeit wird eine Lösung von Chlorplatinkalium in Kalilauge oder Chlorplatinnatrium in Wasser angewendet. c) Versilberung. Hierzu wird eine Auflösung von drei Drachmen pulverisirtem salpetersauren Silberoxyd in 2 Unzen Aetzammoniakflüssigkeit gelöst angewendet. Es ist hierbei zu beobachten, daß die zu versilbernden Stücke nur eine Sekunde darin erhalten werden dürfen. Sie werden herausgezogen, getrocknet und wieder in die Flüssigkeit eingelassen und dieß Verfahren so oft wiederholt, bis der Ueberzug dick genug ist. Das Silber läßt sich auf edle und unedle Metalle übertragen. d) Verkupferung läßt sich durch eine Auflösung von Cyankupfer in Cyankalium oder Cyannatrium bewirken. e) Verbleiung. Durch Zersetzung einer Auflösung von Bleioxyd in Kali. f) Verzinnung. Durch Zersetzung einer Lösung von Zinnoxyd in Kalilauge. g) Verzinkung. Auch diese ist neuerdings zu Stande gebracht worden. Doch ist das Verfahren noch nicht veröffentlicht. Es ist wahrscheinlich, daß hierzu eine Auflösung von Zinkoxyd in Kalilauge angewendet wird. Auch Ueberzüge von Nickel und Kobalt lassen sich galvanisch hervorbringen.

§. 9.

Von hydroelektrischen Ketten besonderer Art. Ketten aus zwei Flüssigkeiten und einem Metall. Die Bucholz'sche Kette. Die Kette von Becquerel. Die Gasplatinsäule. Ritters Ladungssäule.

Nächst dem schon früher erwähnten Umstand, daß Ketten mit zwei Metallen und einer dazwischen befindlichen Flüssigkeit ohne Berührung der Metalle zu Stande gebracht werden können, ist die Thatsache, daß sich auch eine Kette aus zwei Flüssigkeiten und einem Metalle darstellen läßt, theoretisch nicht von geringerer Wichtigkeit. Schon Volta erkannte dieß und sprach sich so darüber aus, daß Säulen erhalten werden können durch Vereinigung von zwei Leitern der ersten Klasse mit einem Leiter der zweiten und umgekehrt durch zwei Leiter der zweiten Klasse mit einem Leiter der ersten. Baut man eine Säule in der Ordnung: mit Wasser getränkte Pappscheibe, Scheibe von einem festen Leiter (Zink, Zinn, Holzkohle), Pappscheibe getränkt mit verdünnter Salpetersäure, Pappscheibe mit Wasser, fester Leiter u. s. w., so geht der positiv elektrische Strom, wenn die beiden Enden der Säule leitend

verbunden werden von der nassen Pappscheibe zu der mit Salpetersäure getränkten. Lassen wir also aufeinander folgen: Wasser, Zink, Salp. S., Wasser, Zink, Salp. S., so geht der Strom vom Wasser zur Salpetersäure. Wird hingegen eine Säule aufgebaut: Pappscheibe getränkt mit Wasser, Holzkohle als fester Leiter, Pappscheibe getränkt mit Natronlauge, Pappscheibe getränkt mit Wasser, also Wasser, Kohle, Natronlauge, Wasser, Kohle, so geht der Strom von der Natronlauge zum Wasser. Um die Richtung des Stroms in diesem Fall zu erklären müssen wir noch einige andere Versuche zuvörderst erwähnen. Wenn wir eine Kette mit zwei Zellen einrichten und bringen in die eine Kalilauge, in die andere verdünnte Schwefelsäure und tauchen nun in beide Flüssigkeiten zwei Stückchen von Zink, Zinn, Blei oder Kupfer, welche mit dem Galvanometer verbunden sind, so geht der positive Strom vom Kali zur Säure. Der Strom kann so stark seyn, daß, wenn man z. B. amalgamirtes Zink anwendet, das amalgamirte Stängelchen sich mit Wasserstoffgas beschlägt. Ist in der einen Zelle Kochsalzlösung und in der anderen Wasser und tauchen zwei Kupferstängelchen in beide Flüssigkeiten, so geht der positive Strom vom Wasser durch die Kochsalzlösung zum Kupfer. Der erste Versuch zeigt uns, daß unter gleichen Umständen in der Stromerregung das Kali ein Uebergewicht gegen die Säure hat und da das Wasser in seiner Beziehung zu den Säuren ebenfalls einen basischen Charakter annehmen kann, so werden wir die Stromrichtung in der ersten der angegebenen Säulen daraus erklären können, daß sich das Wasser gegen die Salpetersäure verhält, wie in der zweiten die Natronlauge gegen das Wasser.

Die Bucholz'sche Kette. Man gießt ein Gläschen halbvoll von einer Lösung des Zinnchlorürs in Wasser, welche noch etwas freie Salzsäure enthält, steckt in dieselbe ein Zinnstängelchen, so daß dieses über die Flüssigkeit emporragt und gießt oben darauf Wasser. Das Zinnstängelchen wird sich jetzt in den beiden Schichten der Flüssigkeiten befinden. Nachdem dieß bewerkstelliget worden ist, wird man bald gewahren, daß sich da, wo das Wasser die Zinnchlorürlösung berührt, sich Nadeln von Zinn absetzen, während der in der Zinnchlorürlösung befindliche Theil des Zinns sich aufzulösen beginnt. — Nach dem was bereits über die chemische Theorie der Ketten mitgetheilt worden ist, erklärt sich diese Erscheinung auf folgende Weise. Vermöge der chemischen Anziehung des Zinns zum Chlor nehmen alle Chloratome der Chlorürlösung eine solche Stellung, daß die Chloratome in Berührung mit Zinn kommen, die Zinnatome hingegen abwärts gekehrt sind. Das letzte Atom, welches die Oberfläche des Wassers berührt, wird daher

ein Zinnatom seyn. Da nun nur ein Theil des Zinns mit der Salzsäure in Berührung ist, der andere nicht, so bildet die durch die Einwirkung der Salzsäure erregte Elektricität einen Strom, welcher von diesem Theil des Zinns zu dem in Wasser befindlichen geht. Und da der Strom zugleich den Wasserstoff der Salzsäure mit sich fortführt, so wird dieser die Atome von Zinnchlorür zersetzen. Hierdurch wird aber bewirkt werden, daß vom letzten Zinnchlorüratom, das Chlor weggenommen und nur das Zinn übrig bleibt. — Hat hingegen das Zinnchlorür keine freie Säure, so kehrt sich die Erscheinung um, der Strom geht jetzt vom Wasser aus, geht in das Zinnchlorür über und setzt den positiven Bestandtheil das Zinn an dem in der Lösung befindlichen Ende der Zinnstange ab.

Die Kette von Becquerel. Sie besteht aus zwei Flüssigkeiten, nämlich Aetzkalilauge, poröser Scheidewand und Salpetersäure, in welche zwei Platinstreifen eingetaucht und leitend miteinander verbunden werden. Diese Kette würde wenig bemerkenswerthes haben und einfach zu den zu rechnen seyn, welche aus zwei verschiedenen Flüssigkeiten und zwei Stücken ein und desselben leitend miteinander verbundenen Metalls bestehen, wenn sie nicht noch eine andere Eigenschaft, nämlich eine Zersetzung des Wassers zeigte, in Folge welcher an dem in der Lauge befindlichen Platinstreifen sich Sauerstoffgas entwickelt und die Salpetersäure in der zweiten Zelle durch den zugeführten Wasserstoff zur salpeterigen Säure reduzirt wird. Trotz der Zersetzung des Wassers ist doch der hierbei entstehende elektrische Strom nur schwach, wie sich daraus ergiebt, daß man nur eine schwache Erwärmung des Leitungsdrahts hat bemerken können.

Die Gassäule von Grove. Diese Säule ist für die Theorie der hydroelektrischen Erscheinungen sehr bemerkenswerth. Sie kann zu den Säulen von einem Metall mit zwei damit in Berührung befindlichen Körpern gerechnet werden. Diese beiden Körper sind Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, welche mit Platindrähten über verdünnte Schwefelsäure in Berührung gebracht worden sind. Um die Thätigkeit dieser Drähte auf das Sauerstoffgas und Wasserstoffgas zu erhöhen, werden sie vorher mit feinzertheilten Platin überzogen, was dadurch bewirkt wird, daß man sie eine Zeit lang als negative Elektroden in einer Platinchloridlösung auftreten läßt. Um ein einfaches Element einer solchen Säule zu Stande zu bringen, nehme ich zwei gleich große Glasröhren, etwa 3″ lang und 1″ dick, verstöpsele das eine Ende derselben mit Stöpseln, durch welche Platinstreifen hindurchgesteckt sind. Hierauf fülle ich beide Glasröhren mit verdünnter Schwefelsäure, kehre

sie in dieser Flüssigkeit, womit eine Obertasse gefüllt ist, um und bringe die beiden Platinstreifen, die noch über die Stöpsel herausragen müssen, mit dem Polen einer kleinen Säule in Verbindung. In der einen Glasröhre entwickelt sich jetzt Sauerstoffgas, in der anderen Wasserstoffgas. Nachdem die Röhren so weit mit Gas angefüllt sind, daß die, welche das Sauerstoffgas enthält, ungefähr halb voll ist, unterbricht man den Strom. Die in den Röhren befindlichen Platinstreifen befinden sich jetzt zum größten Theil in den Gasen und mit ihren unteren Enden in der verdünnten Schwefelsäure. Man hat jetzt in diesen beiden mit Gas gefüllten Röhren ein voltaisches Element. Verbindet man nun die beiden über den Stöpseln hervorragenden Platinstreifen durch Leitungsdrähte mit einem Jodgalvanometer, so wird man sogleich eine Schwärzung des Platinendes gewahren, welcher mit der Röhre in Verbindung steht, welche das Sauerstoffgas enthält. Der Strom geht also hier von dem Platinstreifen aus, welcher mit dem Wasserstoffgas in Berührung ist, durch die Flüssigkeit zu dem, welcher mit Sauerstoffgas in Berührung ist. Es ist dieß Verhalten ganz analog einer gewöhnlichen Zinkkupferkette, bei welcher die beiden Metalle durch verdünnte Säure getrennt sind. — Verbindet man mehrere solche Elemente miteinander, so erhält man eine Säule. Eine Säule aus vier Elementen von angegebener Größe bringt schon eine Wasserzersetzung in verdünnter Schwefelsäure hervor. — Wir können die Wirkung einer solchen Kette sowohl nach der Contakttheorie, als nach der chemischen erklären. Nach der ersten sind die beiden Platinstreifen durch die Berührung mit den Gasen wesentlich in der Beschaffenheit ihrer Oberflächen verändert, so daß sie sich in Berührung mit der Flüssigkeit, wie zwei verschiedene Metalle verhalten. Nach der chemischen Ansicht müssen wir die Sache folgendermaßen auffassen. Da das Sauerstoffgas vom Wasser absorbirt wird, so wird das Wasserstoffgas in der einem Röhre mit Sauerstoffgas in Wasser in Berührung kommen und durch die Thätigkeit des Platins werden sie sich miteinander vereinigen. Bei dieser Vereinigung oder Oxydation des Wasserstoffs erzeugt sich ein elektrischer Strom, der von diesem durch die Flüssigkeit zu dem Platin geht, welches sich im Sauerstoffgas befindet.

Einen interessanten Beitrag zu der Lehre von den Säulen giebt auch die Rittersche Ladungssäule oder die secundäre Säule. Ritter baute eine Säule auf aus Kupferplatten und Papierscheiben befeuchtet mit Wasser. Hierauf leitete er den Strom einer voltaischen Säule hindurch. Nachdem dieß eine Zeit lang geschehen war, wurde der Strom unterbrochen. Als jetzt die Säule untersucht wurde, fand es

sich, daß sie selbst an ihren beiden Enden eine elektrische Ladung angenommen hatte und daß sie alle Eigenschaften einer schwachen Säule besaß.

Sowohl nach der Contakttheorie als nach der chemischen Ansicht ist die Ladung dieser Säule leicht zu verstehen. Der Strom, der von der einem zur anderen Platte durch die Flüssigkeit hindurchgeführt wird, zersetzt diese und es muß sich der positive Bestandtheil an der einem Platte, der negative an der anderen Platte ausscheiden. So wie nun die Durchleitung des Stroms unterbrochen wird, hat man Kupferplatten mit dem positiven Bestandtheil der Flüssigkeit, Flüssigkeit und Kupferplatten verbunden mit den negativen Bestandtheil derselben. Und hiermit ist diese Säule auf die Zusammensetzung einer gewöhnlichen zurückgeführt.

Vierter Abschnitt.

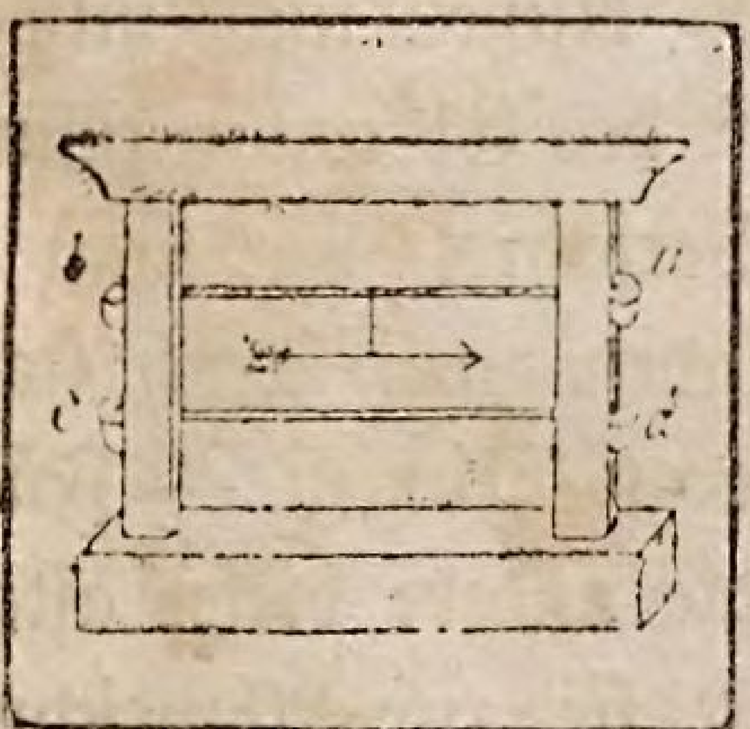
Von der Elektrodynamik und Elektrostatik.

§. 1.

Gründung des Elektromagnetismus. Astatische Nadeln. Der Multiplikator. Anziehung gleichlaufender, Abstoßung entgegengesetzt laufender Ströme. Der Stromwender.

Es war im Jahre 1820, daß Professor Oerstedt in Koppenhagen den Zusammenhang zwischen der Elektricität und den Magnetismus auffand. Die außerordentliche Wichtigkeit dieser Entdeckung wurde zugleich von den Physikern Europa's erkannt und sie wurde mit der diesem Jahrhundert eigenen Energie weiter verfolgt. Für die Geschichte der Wissenschaft war aber diese Entdeckung bemerkenswerth, weil sie uns einen neuen Beweis lieferte, wie wenig wir im Stande sind im Voraus den Zusammenhang der Kräfte bestimmen zu können. Jahre lang hatte Ritter den Gedanken verfolgt den Zusammenhang zwischen Elektricität und Magnetismus aufzufinden, er gelangte aber nicht dazu, weil er von der irrigen Meinung ausging, daß den beiden elektrischen Polen einer voltaischen Säule, zwei magnetische entsprechen müßten. Er hing daher eine voltaische Säule horizontal auf in der Meinung, sie werde sich wie ein Linearmagnet im magnetischen Meridian stellen. So nahe war der Zusammenhang nicht gelegen. Er ist vorhanden, aber von ganz anderer Art, als die Naturphilosophen der damaligen Zeit träumten.

Ich stelle den Versuch von Oerstedt, der als Grundversuch für

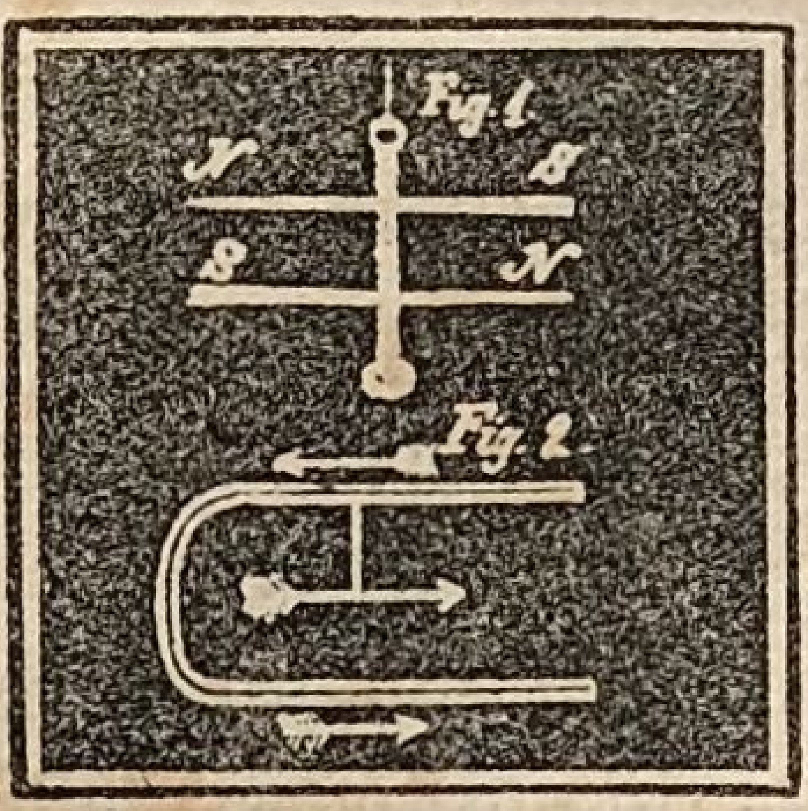


die Lehre vom Elektromagnetismus betrachtet werden kann mit einer Vorrichtung an, welche hier in Abbildung folgt. Zwischen zwei horizontalen Leitungsdräthen, deren Enden in die Quecksilbernäpfchen a b und c d tauchen, befindet sich eine freischwebende Magnetnadel. Man stellt den Apparat so auf, daß die Magnetnadel sich im magnetischen Meridian befindet und mit den beiden Leitungsdrähten eine Ebene macht. Bringt man nun den oberen

Draht mit einem voltaischen Apparat dergestalt zusammen, daß der elektrische Strom, worunter stets der positive zu verstehen ist, von Nord nach Süd sich bewegt, so deklinirt die Nadel östlich, geht er von Süd nach Nord durch den Draht, so weicht sie westlich ab. Führt man den Strom unter der Nadel von Nord nach Süd, so weicht die Magnetnadel westlich ab, in entgegengesetzter Richtung, östlich.

Bei der so eben beschriebenen Wirkung des elektrischen Stroms auf die Magnetnadel wirkt der bewegenden Kraft der Erdmagnetismus entgegen. Die Stellung, welche die Nadel einnimmt, zeigt das Gleichgewicht zwischen beiden Kräften an. Von Wichtigkeit war es diesen Versuch mit Beseitigung der richtenden Wirkung des Erdmagnetismus anzustellen. Es ist gelungen Magnetnadeln einzurichten, bei welchen dieser Einfluß beseitiget ist. Man nennt sie astatische. Und zwar besitzen wir zwei Verfahren Nadeln diese Einrichtung zu geben. Das eine besteht darin der Nadel eine solche Lage zu geben, daß der Erdmagnetismus nicht auf die Enden, sondern auf die Seiten derselben wirkt. Um dieß zu bewirken wird eine Nadel auf einem Kreis beweglich befestiget, welcher sich in einer vertikalen Ebene drehen läßt. Vermittelst diesem beweglichen Kreis giebt man nun der Nadel eine solche Lage, daß die Richtung des Erdmagnetismus rechtwinklich gegen die Nadel in ihrer Länge einwirkt, d. h. man stellt die Nadel rechtwinklich gegen die Richtung der magnetischen Inklination. Der Erdmagnetismus wirkt jetzt eben so anziehend auf die eine Hälfte der Magnetnadel, als abstoßend auf die andere, wodurch die Wirkung desselben im Gleichgewicht gehalten wird und es also gerade so ist, als wenn gar keine Wirkung des Erdmagnetismus vorhanden wäre.

Ein anderes von **Nobili** angegebenes Verfahren besteht darin, zwei möglichst gleich starke Magnetnadeln so übereinander zu befestigen, daß die ungleichnamigen Pole sich übereinander befinden. Die Fig. 1 zeigt zwei solche Nadeln. Die Kräfte der übereinander befindlichen Pole heben sich auf. Ihre Wirkung wird daher nach Außen null und sie werden der lenkenden Kraft des Erdmagnetismus entzogen. — Bei diesem Verfahren hat man die Schwierigkeit zu überwinden zwei gleich starke Magnetnadeln zu Stande zu bringen. — Führt man über die eine oder die andere dieser astatischen Nadeln einen elektrischen Strom, so wird sie zur Abweichung gebracht und stellt sich rechtwinklich gegen die Richtung des Stroms.

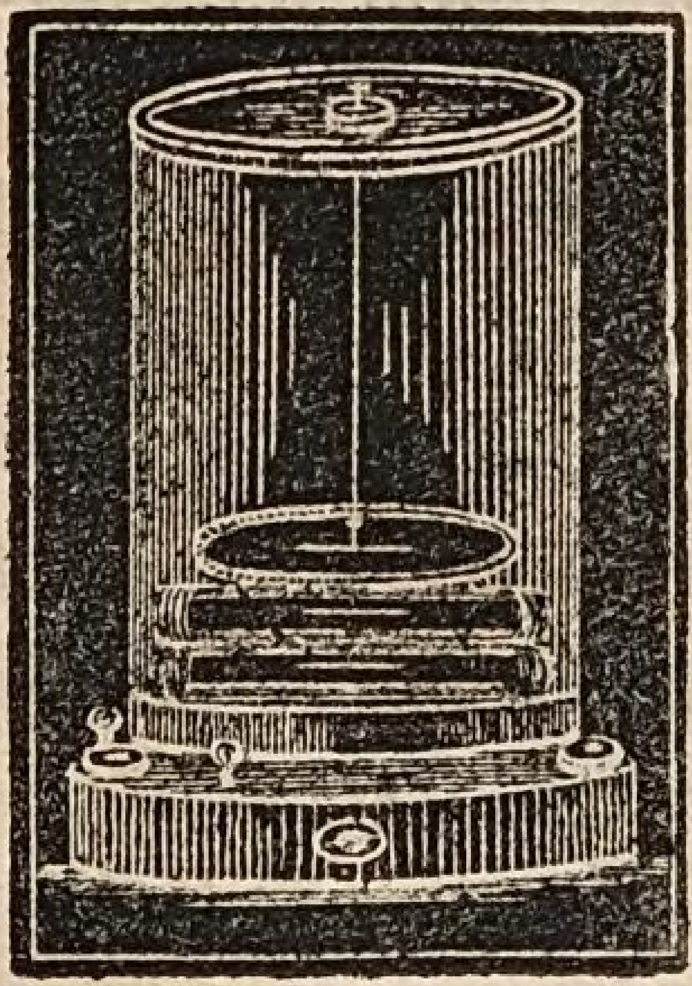


Hauptsächlich durch die Bemühungen von **Schweigger** ist ein

Instrument zu Stande gebracht worden, welches zu den empfindlichsten und brauchbarsten in der ganzen Physik gehört. Es ist unter den Namen des Multiplikators oder Galvanometers bekannt. Es gründet sich auf folgende Erfahrungssätze. — Wir haben gesehen, daß derselbe elektrische Strom über oder unter der Magnetnadel in derselben Ebene mit ihr und in gleicher Richtung hinweggeführt, entgegengesetzte Ablenkungen hervorbringt. Es werden daher zwei in entgegengesetzter Richtung sich bewegende Ströme eine gleiche ablenkende Wirkung auf die Nadel ausüben. Und da der Strom in einer geschlossenen Kette in allen seinen Theilen gleich stark ist, so wird, wenn wir uns einen Leitungsdraht, so um eine Magnetnadel gelegt denken, wie Figur 2 zeigt, der Strom über und unter der Nadel auf gleiche Weise auf dieselbe wirken und hierdurch eine doppelte Wirkung in gleicher Richtung auf dieselbe ausüben. Lassen wir es nicht bei der einfachen Umwindung, sondern winden den Draht nochmals, so wird die zweite Windung ebenfalls ihre Wirkung auf die Nadel ausüben. Und so wird mit jeder neuen Umwindung die Wirkung des Stroms zu nehmen. Es ist hierbei nothwendig, daß der um die Nadel gewickelte Draht mit Seide überzogen ist, damit die einzelnen Windungen sich nicht berühren, weil im Fall der Berührung die umwundenen Drähte zusammen wie einer wirken würde.

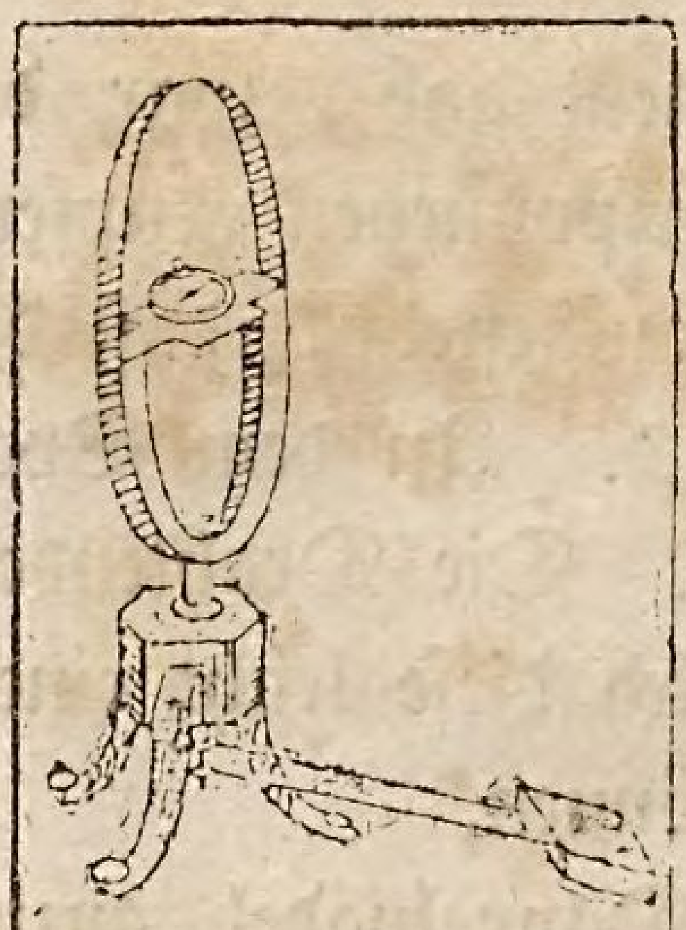
Die erste Form, welche man diesem Instrument gab, war die eines Ovals, zu welchem man einen mit Seide übersponnenen Kupferdraht aufgewickelt hatte. Dieß Oval wurde so aufgestellt, daß die kleine Axe desselben in der Vertikalebene sich befand. In dem Oval war eine Magnetnadel leicht beweglich aufgehängt. Die Drahtenden befanden sich in kleinen Quecksilbernäpfchen, um durch diese leicht einen Strom durch den Kupferdraht hindurch leiten zu können.

Gegenwärtig zieht man vor eine Nobilische Doppelnadel anzuwenden und diese zwischen doppelten Drahtwindungen schwingen zu lassen. Die Figur stellt einen Multiplikator dieser Art vor. Die untere Nadel befindet sich zwischen den Drahtwindungen wie es bei dem Multiplikator bei seiner ersten Einrichtung der Fall ist. Die obere Nadel hat die Pole umgekehrt. Vermöge dieser Stellung werden beide Nadeln durch denselben Strom, welcher zwischen ihnen sich bewegt, auf gleiche Weise abgelenkt. — Die Empfindlichkeit dieses Instruments für elektrische Ströme ist ganz außerordentlich. Der



schwache Strom, den man dadurch hervorbringen kann, daß man zwischen einem Kreuzer und einem Heller ein Stück mit Speichel befeuchtetes Papier legt, kann hiermit bemerkbar gemacht werden.

Man hat verschiedene Versuche angestellt, um den Multiplikator als Meßinstrument zu gebrauchen, von denen ich folgende anführen will. — Die Schwierigkeit, welche sich der gewöhnlichen Einrichtung desselben als Meßinstrument entgegenstellt, besteht darin, daß mit jeder Abweichung der Magnetnadel die Stellung derselben zu dem Multiplikatordraht eine andere wird. Dieser Uebelstand kann dadurch, daß man den ablenkenden Strom weit von der Nadel entfernt und an die Stelle des Drahtes ein zu einem Ring umgebogenen Metallstreifen nimmt, in dessen Mittelpunkt sie sich befindet, sehr vermindert werden. Unter diesen Umständen ist die Spitze der abzulenkenden Magnetnadel unmerklich weiter entfernt, wenn sie durch den Strom zur Abweichung gebracht wird, als wenn sie ruht. Man wird daher die Tangente des Ablenkungswinkel der Stärke des Stroms proportional setzen können. Da der ablenkende Strom, welcher bestrebt ist, die Nadel rechtwinklich gegen den magnetischen Meridian zu stellen, offenbar in der Richtung der Tangente der Ablenkungswinkel wirkt, so hat man diese Vorrichtung die Tangentenboussole genannt. Die Figur stellt die von Weber angegebene vor. In dem Fußgestell ist eine leicht aus der Figur zu entnehmende Vorrichtung angebracht, mittelst welcher der Strom in den Ring geführt und von da wieder zurückgeleitet wird.

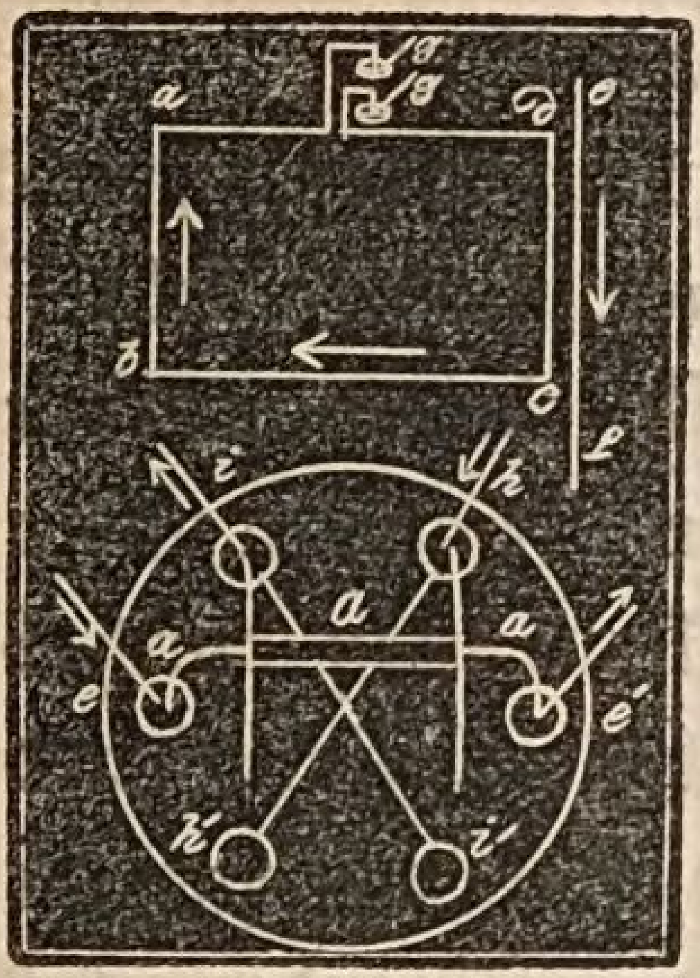


Eine anders zu diesem Zweck brauchbares Instrument ist die Sinusboussole. Es besteht aus einer einfachen Magnetnadel, welche in einem horizontalen Kreis schwingt, um welche rechtwinklich gegen die Ebene, in der sie schwingt, ein Kreis mit einem umwickelten Leitungsdraht angebracht ist. Die Nadel befindet sich daher, wie bei der Tangentenboussole in der Mitte eines Vertikalkreises, durch welchen ein elektrischer Strom geführt wird. Man stellt dieß Instrument zuvörderst so auf, daß die Richtung der Magnetnadel mit der Ebene des Vertikalkreises zusammenfällt. Hierauf bringt man die Nadel durch den Strom zur Abweichung. Man dreht nun den Kreis in der Richtung der Ablenkung bis die Nadel in der Ebene des Kreises sich befindet. Da der Strom jetzt in derselben Ebene ist, in welcher sich die Nadel befindet, so verhält sich die ablenkende Kraft, wie die, welche

die Nadel wieder in den Meridian zurückzuführen sucht. Diese Kraft wird gemessen durch den Sinus des Ablenkungswinkel.

Bevor wir in der Lehre von dem Elektromagnetismus weiter fortschreiten, müssen wir den geneigten Leser zuvörderst mit den Versuchen von Ampère bekannt machen.

Um zur Einsicht über den Zusammenhang der Elektricität und des Magnetismus zu gelangen, schlug er den Weg ein, zuerst eine Untersuchung über die Anziehung und Abstoßung elektrischer Ströme in Leitungsdrähten anzustellen. — Er bediente sich hierzu einer Vorrichtung, welche hier in ihren wesentlichsten Theilen abgebildet ist.



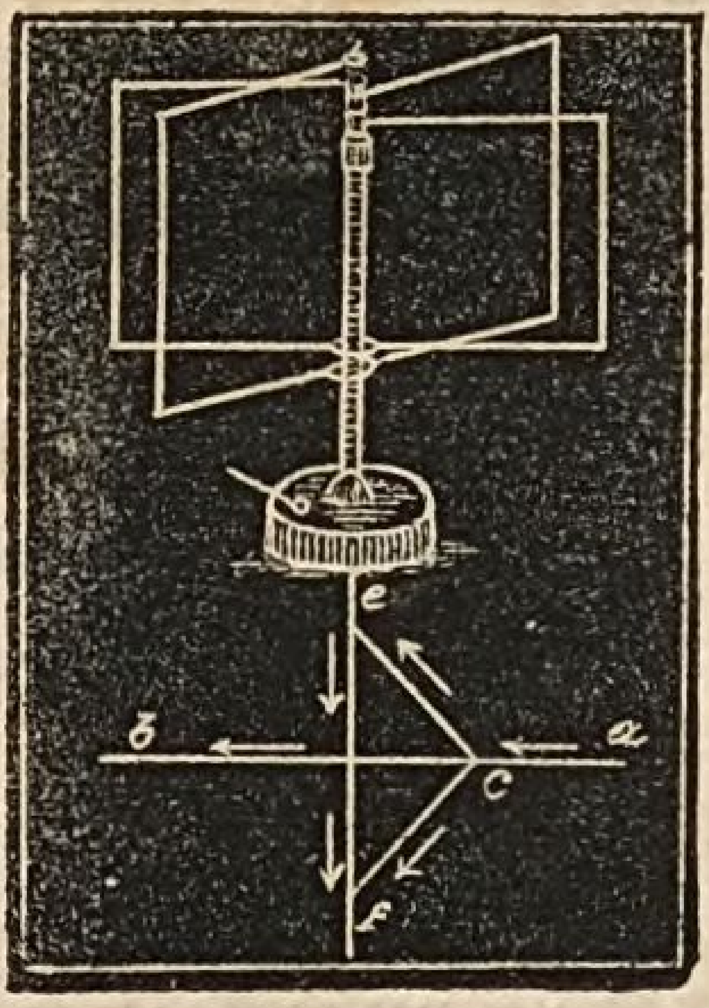
abcd ist ein Rektangel von Draht, welches mittelst Stahlspitzen, die in die Quecksilbernäpfchen gg tauchen, so aufgehängt ist, daß es leicht um seine vertikale Axe herumgedreht werden kann. Durch Drähte, welche in die Quecksilbernäpfchen eingefügt werden, kann ein elektrischer Strom durch den Drahtrektangel geführt werden. ef ist ein befestigter Draht, durch welchen ebenfalls ein elektrischer Strom geleitet werden kann. Man sieht leicht ein, wie man mittelst dieser Vorrichtung gleichlaufende und entgegengesetzt laufende Ströme aufeinander einwirken lassen kann. Die hiermit angestellten Versuche haben nun zu folgenden Ergebnissen geführt.

1) Sind die Ströme, wie in der Abbildung angegeben worden ist, gleichlaufend, so wird der bewegliche Draht von dem unbeweglichen angezogen. Sind sie entgegengesetzt laufend, so wird der bewegliche von dem unbeweglichen abgestoßen. — Gleichlaufende Ströme wirken also anziehend aufeinander, entgegengesetzt laufende abstoßend. — Eine Folge hiervon ist, daß die Windungen einer Spirale von Draht, durch welche ein Strom geleitet wird, sich anziehen. — Wird ein Strom unter der unteren Seite des Rektangels, rechtwinklich gegen die Ebene desselben geführt, so dreht er sich, bis der in der unteren Seite des Rektangels befindliche Strom parallel und gleichlaufend mit diesem Strom ist.

Um die Richtung der Ströme zu wenden, bedient sich Ampère einer Vorrichtung, welche er Stromwender, Gyrotrop, genannt hat. Ich will hier eine Vorrichtung dieser Art beschreiben, welche das Wesen der Einrichtung verdeutlichen wird. In einem runden Brettchen sind sechs Grübchen angebracht, welche mit Quecksilber angefüllt werden. aa ist ein metallener Bügel, in der Mitte unterbrochen durch ein Glasröhrchen, an diesem sind, rechtwinklich

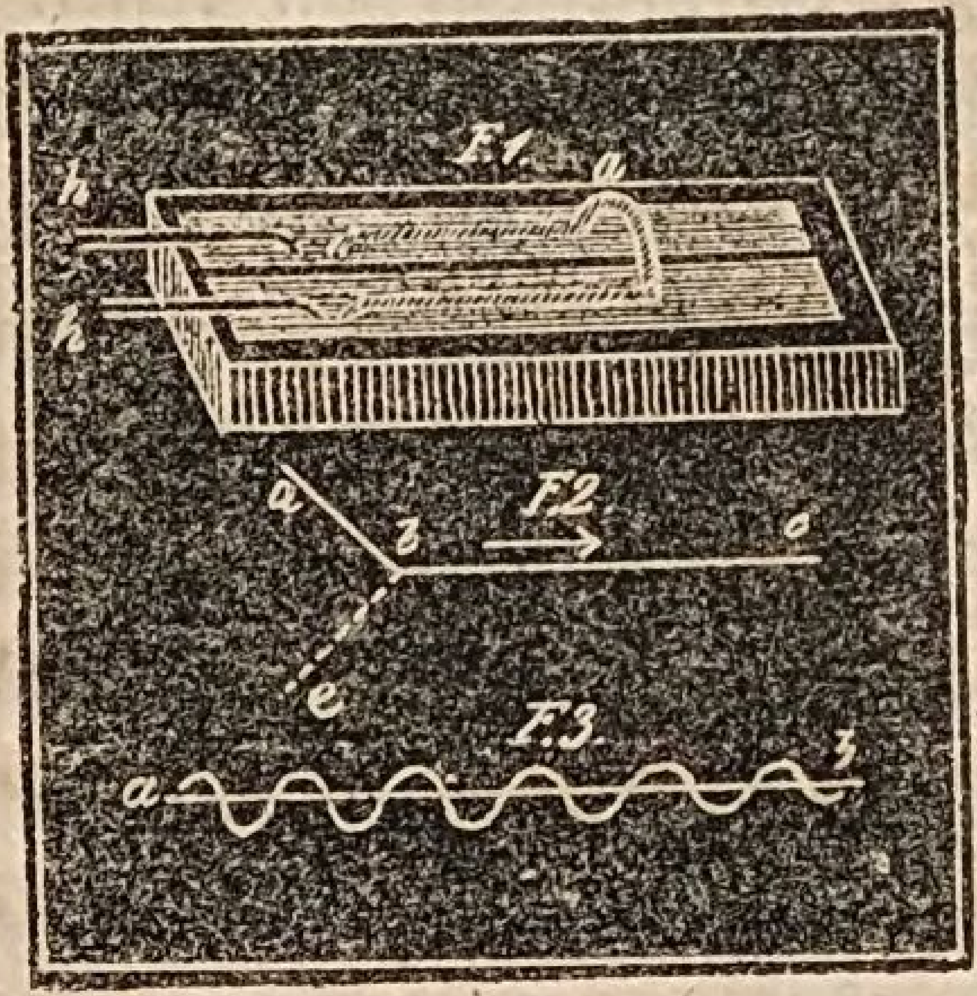
gegen ihn, zwei andere angelöthet, deren Enden durch das Hin- und Herbewegen des Bügels a in die Quecksilbernäpfchen ih und h′i′ eingetaucht werden können. Zwischen den Grübchen i i′ und h h′ sind noch durch Drähte leitende Verbindungen angebracht. In die Grübchen e e′ werden die Leitungsdrähte eines Elektromotors eingeführt. Haben die Bügel die Stellung, welche die Figur anzeigt, so geht der bei e eintretende Strom in das Grübchen i linker Hand, von da in der Richtung des Pfeils weiter, kehrt zurück in das Grübchen h, geht von da nach e′ und so in der Richtung des Pfeils weiter. Werden hingegen die anderen Enden der Bügel in die Grübchen h′i′ eingelassen, so geht der bei e eintretende Strom in das Grübchen h′, von da nach h geht von da weiter, kehrt zurück nach i und geht von da nach i′ e′.

2) Um die Anziehung und Abstoßung elektrischer Ströme zu zeigen, welche durch bewegliche Drähte hindurchgehen, die unter gewissen Winkeln sich schneiden, dient folgender Apparat, der hier abgebildet ist. Indem man durch die Oeffnung im Fuß den Strom eintreten und am oberen Ende austreten läßt, kann man durch beliebige Stellung der beiden Rektangel gegeneinander bald die Ströme gleichlaufend, bald entgegengesetzt sich bewegend unter Winkeln aufeinander wirken lassen. Mittelst diesem Apparat läßt es sich zeigen, daß zwei Ströme, welche gleichlaufend unter einem spitzen Winkel nach einem Scheitel sich bewegen, sich anziehen und daß dasselbe stattfindet, wenn sie sich vom Scheitel entfernen. Drehen wir aber das eine Rektangel um, so daß die Ströme entgegengesetzte Richtung haben, so stoßen sie sich ab. — Es erklärt sich hieraus die in (1) angegebene Thatsache, daß ein elektrischer Strom, der unter der unteren Seite des Stromrektangels hinweggeführt wird, dasselbe dreht und die untere Seite parallel laufend mit dem darunter geführten Drahte macht. Es sey a b die untere Seite des Stromrektangels, durch welchen der Strom in der Richtung des Pfeils läuft, e f sey der unter denselben hingehende Strom in dem unbeweglichen Leiter. Zerlegt man nun die Kraft des Stroms in a b in c e und e f, so wird der durch e f gehende Strom auf c e abstoßend, hingegen auf c f anziehend wirken, wodurch eine Drehung des Rektangels erfolgen muß. Und zwar wird diese Drehung des Rektangels nicht blos einen rechten Winkel ausmachen, sondern drei. Der Grund hiervon ist leicht einzusehen. Drehte sich das Rektangel nur um einen rechten Winkel, so würde sich die untere Seite desselben so über den unbeweglichen Draht



stellen, daß die Ströme entgegengesetzte Richtung hätten. Da nun aber, vermöge der Beharrlichkeit in der Bewegung das Rektangel mit seinen beiden Enden, etwas über den unbeweglichen Leiter hinausgeht, wodurch seine untere Seite mit diesem einen spitzen Winkel bildet, so tritt hier wieder der Fall ein, daß unter einem spitzen Winkel entgegengesetzt laufende Ströme sich schneiden, wodurch Abstoßung erfolgen muß.

3) Die Theile eines und desselben Stromes stoßen sich ab. Dieser Satz wird durch einen Versuch nachgewiesen, welcher sich mit einem Apparat anstellen läßt, der in nachstehender Fig. 1 abgebildet ist. Die Figur stellt einen Trog von Glas oder überfirnißtem Holz vor, welcher durch eine Scheidewand in zwei Hälften getheilt ist. Die hierdurch entstandenen beiden Kammern werden mit Quecksilber gefüllt. Hierauf legt man den mit einem Bügel a versehenen Leiter, welcher bis an seine Enden mit Schellack überzogen ist, so auf das Quecksilber in beiden Kammern, daß die Enden desselben den des Leitungsdrahtes hh gegenüberstehen. Wird jetzt ein Strom hindurchgeführt, so wird der bewegliche Leiter a abgestoßen. — Aus diesem Satz ergiebt sich ferner die Folgerung, daß der elektrische Strom, der durch einen Leiter geht, welcher einen stumpfen Winkel bildet, das Bestreben hat ihn gerade zu richten. Es sey a b c ein Leitungsdraht, durch welchen ein elektrischer Strom in der Richtung des Pfeils geht. Da seine Theile abstoßend aufeinander wirken, so können wir das bei b wirkende Theilchen, welches abstoßend auf die rückwärts liegenden Theilchen wirkt, zerlegen in die Kräfte b a und b e. Von diesen beiden Kräften wird b a im Gleichgewicht gehalten durch die Zusammenhangskraft der Theile des Leitungsdrahtes, es bleibt also als wirkende Kraft b e übrig, welche senkrecht auf a b ist und den Draht also in dieser Richtung zu bewegen strebt.



4) Die Wirkung eines Stromes in einem krummlinig gebogenen Draht ist von derselben Stärke, wie in einem geradlinigen. Denn läßt man den Strom durch einen Draht von angegebener Form (Fig. 3) gehen, in welchem er in dem geradlinigen von a nach b und von da in den gekrümmten zurückgeht, so heben sich die Ströme gegenseitig in ihrer Wirkung auf. Wir haben daher anzunehmen, daß die Wirkung des Stromes sich nach dem Satz vom Parallelogramm

der Kräfte zerlegen lasse, wornach jedes Stück des umwundenen Drahtes die Diagonale der beiden zusammensetzenden Kräfte ausmacht.

§. 2.

Mathematische Behandlung der Erscheinungen der Voltaischen Säule. Das Ohmische Gesetz.

Der Leser konnte nicht wohl früher hiermit bekannt gemacht werden, weil sich die Behandlungsweise derselben hauptsächlich auf die Anwendung des Galvanometers oder Multiplikators gründet. Obwohl man nicht sagen kann, daß es gelungen sey den ganzen Umfang der Erscheinungen der Säule in die Macht mathematischer Formeln zu bannen, so ist doch durch das Ohmische Gesetz ein fester Anhaltspunkt aufgefunden worden. Diesem Gesetz liegt die Beobachtung zu Grunde, daß, wenn man eine einfache Kette, z. B. eine Zinkplatte und eine Kupferplatte getaucht in eine saure Flüssigkeit mit einem Galvanometer verbindet, die Nadel um so mehr abweichen wird, je größer die Oberfläche ist, welche mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, hingegen findet keine Zunahme der Abweichung statt, wenn man die Anzahl der Ketten vermehrt. Eine Säule wirkt daher nicht stärker auf den Multiplikator, als ein Element derselben. Und da offenbar im ersten Fall mit der Vergrößerung der Oberfläche, welche der Flüssigkeit dargeboten wird, die Menge der Elektricität zunimmt, mit der Anzahl der Platten hingegen die Intensität, d. h. die Kraft der Elektricität Leitungswiderstände zu überwältigen, so besitzen wir im Multiplikator ein Instrument zur Bestimmung der Menge der Elektricität. Indem nun in einer geschlossenen Kette oder Säule die Elektricität in einer fortwährenden Circulation sich befindet, die Schnelligkeit dieser Bewegung aber von der Leitungsfähigkeit der Theile abhängt, aus welchen der Apparat besteht, so sieht man ein, wie diese Eigenschaft als ein Moment zu betrachten ist, welches bei der Wirkung der Elektricität auf den Multiplikator in Betracht kommt. — Bezüglich der Einwirkung des Leitungswiderstandes auf die Wirkung des Stroms fand nun Ohm folgenden Ausdruck auf. Bezeichnet F die Stromstärke, E die elektromotorische Kraft und R die Widerstände, welche der Strom in der geschlossenen Säule zu überwinden hat, so ist

$$F = \frac{E}{R}$$

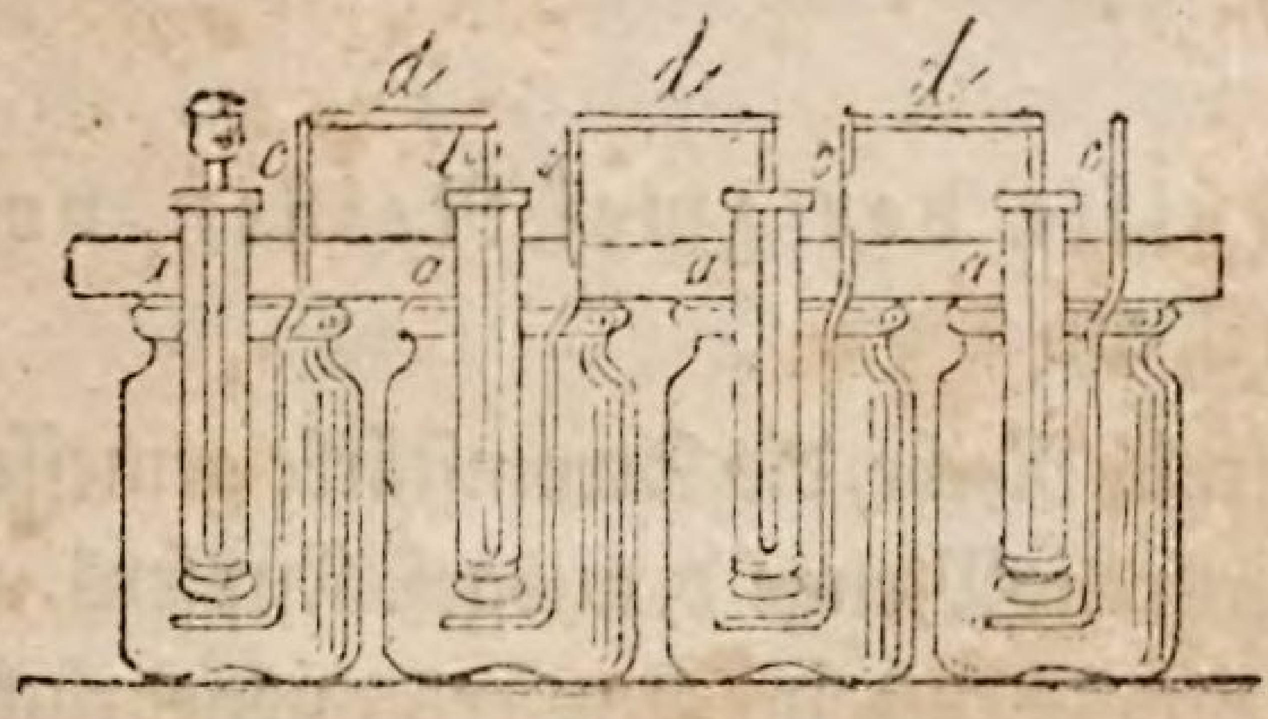
Die Länge des Kupferdrahts von gegebener Dicke, dessen Widerstand gleich ist der Summe der Widerstände im voltaischen Apparat,

nennt Ohm die reducirte Länge. Aus dieser einfachen Formel lassen sich nun folgende Sätze ableiten:

1) Wenn die elektromotorischen Kräfte und Widerstände in einer Säule in gleichem Verhältniß vergrößert oder verringert werden, so bleibt die Stromstärke ungeändert:

$$\frac{E}{R} = \frac{n\,.\,E}{n\,.\,R}$$

Um diesen Lehrsatz auf dem Weg des Versuchs zu verdeutlichen, will ich hier die Versuche mittheilen, welche ich selbst über diesen Gegenstand angestellt habe. Ich bediente mich hierzu der kleinen Säule, welche hier abgebildet ist. Die Zinkelemente waren Zinkstängelchen von einer Größe, wie man sie erhält, wenn man zur Darstellung derselben die gewöhnliche Form zum Lapis infernalis anwendet. Nach dieser Größe sind die übrigen Theile dieser Säule zu bemessen.



b sind Zinkstängelchen, a Glasröhren unten mit Blase zugebunden. An denselben sind durch Feilstriche zwei Marken angebracht. Die untere dient, um die Stängelchen stets gleichweit in die Glasröhre einzustecken, die obere, um in alle gleichviel Flüssigkeit hineinzugießen. Als erregende Flüssigkeit diente eine Auflösung von schwefelsaurem Zinkoxyd von 1,273 G. als leitende eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd von 1,167 G. Die Verbindung der Kupferstreifen c mit den Zinkstängelchen geschah durch die Kupferstängelchen d. Alle Enden der sich bewährenden Drähte waren amalgamirt. Um das letzte Zinkstängelchen in Verbindung mit dem Leitungsdraht zu setzen, war eine kleine Hülse von dickem Papier über das Ende desselben geschoben und in dieselbe Quecksilber gegossen. Am Kupferende wurde der Leitungsdraht mit seinem plattgehämmerten Ende mittelst einer Zwinge angeschraubt.

Die Stärke des Stroms wurde mit einem Multiplikator mit Doppelnadel und zwei Tausend Drahtumwindungen gemessen. Die Abweichung der Nadel betrug für jedes Element 82° 0′. Es wurden jetzt vier Ketten durch die aufgelegten Kupferstängelchen zu einer Säule combinirt. Die Abweichung der Nadel betrug jetzt 84°. Hierauf wurde eine zweite Säule von derselben Beschaffenheit, ebenfalls vier Elemente enthaltend, mit der ersten verbunden. Die Wirkung dieser zwei Säulen zusammengenommen betrug 85°. Eine eben solche dritte

Säule mit den zweien verbunden gab ebenfalls 85° und eine vierte damit verbundene wieder 85°. Diese Versuche stimmen nicht ganz mit dem Gesetz von Ohm überein, indem die Gleichheit der Wirkung auf dem Multiplikator erst mit einer Säule von acht Elementen eintritt. Es hat mich dieser Umstand veranlaßt entsprechende Versuche anzustellen, bei welchen die Stärke des Stroms durch die Menge elektrolytisch ausgeschiedenen Kupfers bestimmt wurde. — An die Stelle des Multiplikators wurde eine Zelle eingeschaltet, von derselben Beschaffenheit, wie die, aus welcher die Säule zusammengesetzt war. Die Flüssigkeit in der Glasröhre war schwefelsaures Zinkoxyd, die in dem Gläschen schwefelsaures Kupferoxyd. Die Kupferstreifen wurden abgewogen, hierauf dem Versuch ausgesetzt und die Gewichtszunahme durch das hydroelektrisch darauf niedergeschlagene Kupfer nach dem Versuch bestimmt. Die Wirkung dauerte eine halbe Stunde. Ich will die Ergebnisse dieser Versuche, deren Einzelnheiten in meinen Beiträgen nachzulesen sind, hier zusammenstellen.

Zusammenstellung der Ergebnisse der zwei Reihen von Versuchen.

Erste Reihe, angestellt mit dem Multiplikator.	Zweite Reihe, die Stromstärke gemessen durch die Menge d. ausgeſ. Kupfers, in Proc. d. angew. Kupfers ausgedrückt.
1) Ein Element der Säule 82° 0′	
2) Eine Säule aus 4 El. 84°—	0,0980
3) Eine Säule aus 8 El. 85°—	0,1380
4) Eine Säule aus 12 El. 85°—	0,1334
5) Eine Säule aus 16 El. 85°—	0,1378

Vergleicht man diese Ergebnisse miteinander, so erkennt man eine vollkommene Uebereinstimmung zwischen den magnetischen und chemischen Wirkungen, selbst bis auf den Punkt, daß in (2), wo nur eine Säule von vier Elementen angewendet wurde, die Abweichung der Magnetnadel etwas weniger betrug, als bei den nachherigen Versuchen, bei welchen eine größere Anzahl von Elementen angewendet wurde. Von acht Elementen an ist also auch chemisch geprüft die Wirkung vollkommen dem Ohmschen Gesetze gemäß.

Es leuchtet ein, daß der obige Ausdruck einen ganz allgemeinen Werth hat, der in keiner Beziehung zu der Art und Weise steht, durch welche der Strom hervorgebracht wird. Es ist eine unmittelbare Folgerung aus der Formel, daß zwei Ketten von verschiedener Stärke dieselbe Wirkung geben werden, wenn bei der schwächeren der Widerstand um so viel verringert wird, als die elektromotorische Kraft der

anderen überwiegend ist. In einer thermoelektrischen Kette ist der Widerstand im Allgemeinen kleiner, weil sie ganz metallen ist, während in einer voltaischen Kette die Flüssigkeit immer einen beträchtlichen Widerstand darbietet.

2) Jeder eingeschaltete Widerstand schwächt die Stärke des Stromes, doch um so weniger, je kleiner er ist im Verhältniß zu den übrigen Widerständen der Kette. Der Unterschied zwischen einer einfachen Kette und einer Säule aus gleichen Elementen ist nur:

$$\frac{E}{R} \text{ und } \frac{n \cdot E}{n \cdot R}$$

Schalten wir jetzt einen Leitungswiderstand (r) ein, so haben wir

$$\frac{E}{R + r} \text{ und } \frac{n \cdot E}{n \cdot R + r}$$

Diese Formeln finden Anwendung, wenn wir den Strom durch eine Flüssigkeit leiten, wo r den Leitungswiderstand derselben ausdrückt. In diesem Fall wird das Uebergewicht der Stromstärke bedeutend auf Seite der Säule seyn. Man erkennt dieß sehr leicht, wenn man an die Stelle der Buchstaben Zahlen setzt. Es sey $E = 10$, $R = 5$, $n = 3$ und $r = 6$, so erhalten wir für

$$\frac{E}{R + r} = 0{,}9 \text{ und für } \frac{n \cdot E}{n \cdot R + r} = 1{,}43.$$

Ist also der zu beiden voltaischen Apparaten hinzugefügte Widerstand sehr klein, so wird sich die Wirkung beider sehr nähern. Ist er hingegen groß, so wird der Strom der einfachen Kette sehr bedeutend, der der Säule hingegen nur unbeträchtlich geschwächt.

3) Es liegt in dem Wesen einer durch einen Körper sich gleichmäßig verbreitenden Flüssigkeit, daß die Circulation um so langsamer erfolgen wird, je länger der Weg ist, den sie zu durchlaufen hat. Hieraus ergiebt sich das Ohmische Gesetz, daß der Widerstand im geraden Verhältniß der Länge des Leiters stehe und im umgekehrten des Querschnittes desselben. Es sagt dieß Gesetz nichts anderes, als daß in derselben Zeit durch eine weite Röhre mehr Flüssigkeit hindurchläuft, als durch eine enge. Hiernach wird man folgende Formel für die Stromstärke einer geschlossenen voltaischen Kette verstehen, deren Platten parallel und von gleicher Größe sind:

$$F = \frac{n\,E}{\frac{n\,R\,D}{S} + \frac{r\,l}{s}}$$

In dieser Formel ist F die Stromstärke, E die elektromotorische Kraft eines einfachen Elements, n die Anzahl der Elemente, R der

specifische Widerstand der Flüssigkeit und D die Dicke derselben oder der Abstand der Platten, S die mit der Flüssigkeit in Berührung stehende Fläche der Platten, r der specifische Widerstand des Schließungsdrahts, l dessen Länge und s dessen Querschnitt.

Da nach dem Ohmischen Gesetze der Leitungswiderstand im umgekehrten Verhältniß der Größe des Querschnittes des Leiters steht oder bei einer Säule, bei welcher der Querschnitt die Größe der Platten ist, die Wirkung im geraden Verhältniß der Größe der Platten ist, so lassen sich leicht über die Richtigkeit dieses Gesetzes Versuche mit Säulen anstellen. Ich bediente mich zu diesen Versuchen der bereits beschriebenen kleinen Säule, welche ich, um kurz zu seyn, die Röhrensäule nennen will. Es wurden vier solche Säulen zusammengesetzt. Die Metallelemente derselben konnten durch aufgelegte Kupferstängelchen von 3,5 MM. Durchmesser, welche an den Enden glatt gefeilt waren, miteinander verbunden werden. Die Stromstärke wurde durch die Menge Knallgas gemessen, welche durch Zersetzung von verdünnter Schwefelsäure von 1,2 G. erhalten wurde. Indem man diese Säulen parallel zusammenstellte und mit den Stängelchen verband, konnte eine zweifache, dreifache und vierfache Vergrößerung der Metallflächen hervorgebracht werden.

Bei diesen Versuchen war es jedoch zuvörderst nothwendig den Widerstand der Verbindungsdrähte in Mengen von Knallgas auszudrücken. Dieß geschah auf folgende Weise. Die Säulen waren durch drei Leitungsdrähte von der angegebenen Dicke und einem Quecksilbernäpfchen mit dem Voltameter in Verbindung gesetzt. Anstatt des einen Leitungsdrahts, welcher das Quecksilbernäpfchen mit dem Voltameter verband und welcher 0,15 Meter lang war, wurde ein Kupferdraht von derselben Stärke aber 6,15 M. lang eingeschaltet. Der Unterschied im Widerstand war also durch sechs Meter Länge gemessen. Jetzt wurde eine Säule von vier Elementen mit dem Voltameter in Verbindung gesetzt. Das Ergebniß des Versuchs war in 10 Minuten eine Menge Gas, welche reduzirt auf 0° und 28″ B. 1,11 C. C. Knallgas betrug. Ein zweiter Versuch gab genau dasselbe Ergebniß. Zwei Versuche mit dem Leitungsdraht von 0,15 M. Länge gaben genau 1,6 C. C. Gas. Dieß giebt den Leitungswiderstand für ein Meter Länge in Knallgas ausgedrückt zu 0,082 C. C. Auf diese Weise konnte zu jedem Versuch die Menge von Knallgas hinzugerechnet werden, welche der Größe des Leitungswiderstandes im angewendeten Draht entsprach. Auf diese Weise sind nachstehende Ergebnisse erhalten worden.

Zusammenstellung der Ergebnisse.

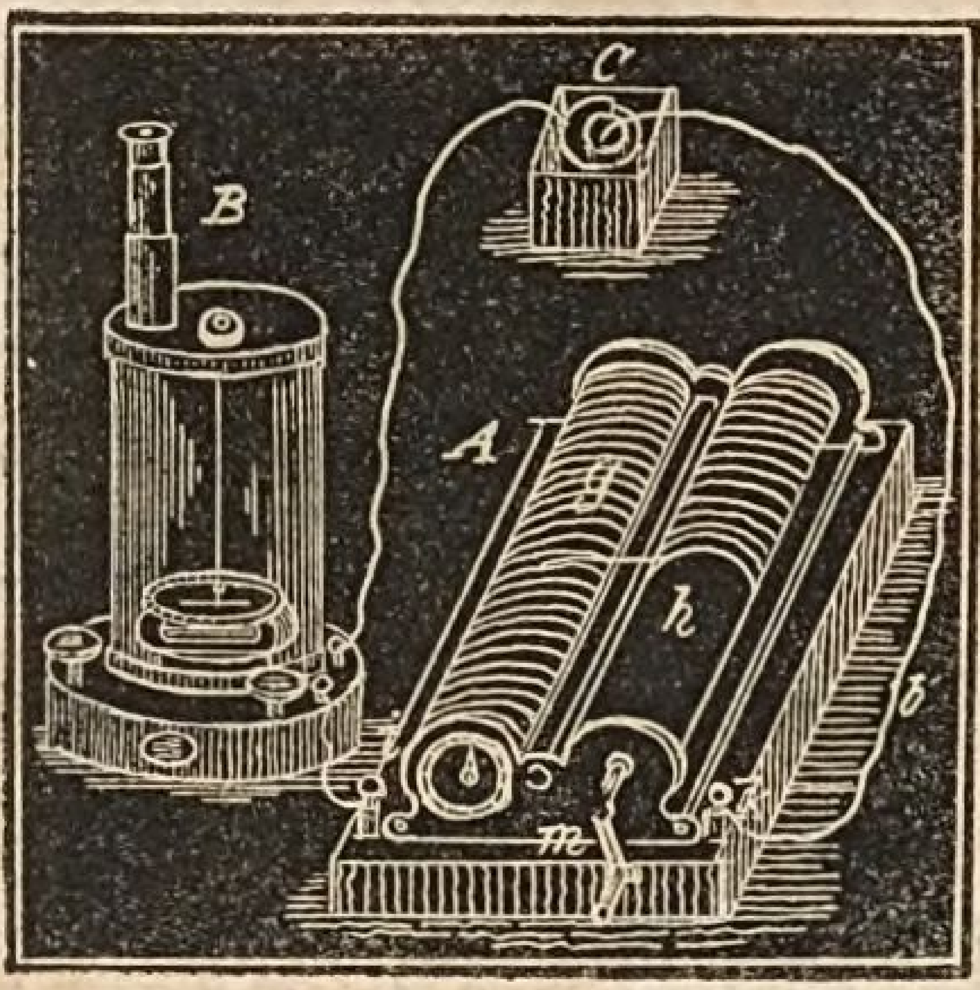
	Gefunden:	berechnet:
a) Eine Säule von 4 Elementen	1,6 C. C.	1,600 C. C.
b) Eine Säule von 8 Elementen	3,2 — —	3,234 — —
c) Eine Säule von 12 Elementen	4,6 — —	4,669 — —
d) Eine Säule von 16 Elementen	6,1 — —	6,204 — —

Die in der zweiten Reihe stehenden Zahlen wurden durch Multiplikation der ersten mit 2, 3 und 4 erhalten unter Hinzufügung der Menge Gas, welche der größeren Länge des Verbindungsdrahtes entsprach. — Das Nähere hierüber findet der Leser in meinen Beiträgen z. Ch. u. Ph. 1. B. S. 88. — Man kann die Uebereinstimmung mit dem Ohmischen Gesetz als genügend betrachten.

Wurden hingegen die Elemente der Säule nicht paarweis, sondern nacheinander verbunden, so erhielt ich folgende Ergebnisse:

1) Eine Säule von 4 Elementen	1,6 C. C. Gas
2) Eine Säule von 8 Elementen	1,7 — — —
3) Eine Säule von 12 Elementen	2,5 — — —
4) Eine Säule von 16 Elementen	2,6 — — —

4) Die großen Fortschritte, welche in diesem Theile der Elektricitätslehre gemacht worden sind, haben auch neue Benennungen hervorgerufen. Mit dem Ausdruck Rheomotor bezeichnet man einen Apparat, der einen elektrischen Strom liefert. Es wird hierbei völlig außer Acht gelassen, auf welche Weise er hervorgebracht wird. Eine einfache Kette ist ein rheomotorisches Element und eine Säule eine Reihe rheomotorischer Elemente. Ein Instrument zur Messung elektrischer Ströme ist ein Rheometer. Rheotom ist ein Instrument, welches einen Strom periodisch unterbricht und Rheotrop ein solches, welches ihn umkehrt. Rheoscop ist ein Instrument zur Ermittlung des Vorhandenseyns eines elektrischen Stroms. Rheostat ist gleichbedeutend mit Agometer. Diesem Instrument liegt der Gedanke zu Grunde die Stärke des elektrischen Stroms durch die Länge des Leitungsdrahtes zu messen, welcher in eine mit einem Multiplikator verbundenen Kette eingeschaltet werden muß, um diese stets auf gleichen Stand zu erhalten. Gesetzt man habe zwei Ketten, von welchen die eine die Multiplikatornadel um 20° zur Ablenkung bringt, die andere um 15°, so wird man die Wirkung der ersten auf 15° zurückbringen können, wenn man einen Leitungsdraht einschaltet und hierdurch den Widerstand der Kette vergrößert. Man wird also durch die Länge des eingeschaltenen Drahtes die Stärke der Ketten messen können.



Das Agometer ist hier abgebildet. h und g sind zwei Cylinder, gleich lang und von gleichem Durchmesser. g ist von Holz und h von Messing. In dem Holzcylinder ist ein Schraubengang eingeschnitten, an einem seiner Enden ist ein Ring von Messing angebracht, an welchem das eine Ende eines langen und sehr dünnen Drahts befestiget ist. Dieser Draht wird auf dem Holzcylinder gewickelt, so daß alle Schraubengänge davon erfüllt sind. Das andere Ende des Drahtes wird an dem gegenüber befindlichen Ende des Messingcylinders befestiget. Durch die Drehbarkeit dieser beiden Cylinder kann der Draht von dem einen Cylinder ab und auf dem anderen gewickelt werden. Bei i und k sind zwei Klemmschrauben angebracht, in welchen die Enden des Leitungsdrahtes festgemacht sind. Sie sind zugleich mit zwei Federn versehen, wovon die eine auf den Messingring des Holzcylinders, die andere gegen das Ende des Messingcylinders drückt. Hierdurch wird der auf dem Holzcylinder befindliche Draht mit in den Strom eingeschlossen und zu einem Theil der Kette gemacht. Da der Cylinder h ganz aus Messing ist, so zählen die auf demselben befindlichen Drahtwindungen nicht, sondern blos die, welche sich auf dem Holzcylinder befinden. — Die Anzahl der Windungen, so wie die Bruchtheile einer Umdrehung werden durch den Zeiger bestimmt, welcher am Ende des hölzernen Cylinders g angebracht ist.

Bei c ist der Elektromotor angebracht. Er besteht nur in einem einfachen Element. Wheatstone bedient sich hierzu eines porösen Cylinders von Steingut oder Holz, dessen Inneres mit Zinkamalgam gefüllt ist. Als Flüssigkeit dient eine Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd. Als negatives Element dient ein Reif von Kupferblech von der Höhe des Cylinders.

Man hat auch eine vereinfachtere Vorrichtung des Rheostats, bei welchem nur ein hölzerner Cylinder mit Draht umwunden ist. Ueber denselben befindet sich eine metallene Stange, auf welchem sich ein metallener Reiter befindet, welcher während des Umdrehens durch den auf dem Cylinder befindlichen Draht rückwärts oder vorwärts geschoben wird. Die metallene Stange, auf welchem sich der Leiter befindet, steht in Verbindung mit dem einen Ende des Elektromotors, das Ende des Drahtes, welches den Anfang des aufgewickelten Drahtes macht,

mit dem anderen. — Die Länge des durch den Leiter abgeschnittenen Drahtes ist das Maaß für den in die Kette eingeschaltenen Widerstand. — Man kann den Rheostat zugleich auch benutzen, um den elektrischen Strom einer Kette stets bei gleicher Stärke zu erhalten. Es ist hierzu nur nöthig, beim Sinken der Kraft einer Kette, die Länge des abgeschnittenen Drahtes zu verkürzen.

Da für manche Fälle die Länge des auf dem Rheostat aufgewickelten Drahts nicht hinreicht, um sehr große Widerstände zu messen, so bedient sich Wheatstone noch Cylinder, welche mit Kupferdraht umwickelt sind, der mit Seide überzogen ist. Von zwei dieser Cylinder enthält ein jeder einen Draht von 50′ Länge, die übrigen 100, 200, 400 und 800 Fuß. Die beiden Drahtenden sind am oberen Theil der Cylinder befestiget an kurze dicke Drähte. Vermöge derselben können sämmtliche aufgewickelte Drähte zu einer Länge vereiniget werden oder auch so verbunden werden, daß einer oder einige ausgeschlossen werden. Zur Einheit des Maaßes nimmt Wheatstone einen Draht von 1 Fuß Luß Länge und 100 Gran Gewicht. Er hat 0,71″ im Durchmesser und liegt zwischen Nr. 15 und Nr. 16 der im Handel vorkommenden Drähte. Durch Verknüpfung sämmtlicher am Rheostat befindlicher Drähte konnte Wheatstone einen Widerstand von 274½ englische Meilen messen. — Ich will jetzt einige Versuche beschreiben, welche sich mit diesem Apparat anstellen lassen:

1) Schaltet man in den Rheostat einen Leiter ein, so wird dieser dem Strom einen Widerstand entgegensetzen. Die Nadel des Multiplikators wird daher von ihrem Stand auf einen geringeren zurückgehen. Man nimmt jetzt den eingeschaltenen Leiter hinweg und sieht zu wieviel Drahtwindungen der Rheostat machen muß, um die Nadel denselben Bogen beschreiben zu lassen. Die Länge des gebrauchten Drahtes giebt die Größe des Widerstandes.

2) Zur Messung der Stromstärke zweier Ketten kann der Rheostat auf folgende Weise benützt werden. Bezeichnet man mit F und F′ die Ablenkungen der Multiplikatornadel, welche zwei Abweichungen derselben entsprechen, etwa 45° und 40° mit E die elektromotorische Kraft mit R dem ursprünglichen Widerstand und mit r und r′ hinzugefügte Leitungswiderstände, so wird man die Ausdrücke erhalten

$$F = \frac{E}{R + r}; \quad F' = \frac{E}{R + r'}, \ldots\ldots\ldots (1)$$

Für eine zweite Kette mit der elektromotorischen Kraft E′, dem ursprünglichen Widerstande R′ und den hinzugefügten Widerständen ϱ und ϱ' erhalten wir die Gleichungen

$$F = \frac{E}{R' + \varrho}\ ;\ F' = \frac{E'}{R' + \varrho'} \ldots\ldots (2)$$

Wird nun der Kürze halber, $F = cF'$ gesetzt, so ergiebt sich aus (1) und (2):

$$R + r = \frac{r' - r}{c - 1};\ R' + \varrho = \frac{\varrho' - \varrho}{c - 1}$$

demnach:

$$F = \frac{c - 1}{r' - r} . E;\ F = \frac{c - 1}{\varrho' - \varrho} . E'$$

woraus:

$$\frac{E}{E'} = \frac{r' - r}{\varrho' - \varrho}$$

Es ergiebt sich hieraus, daß die Kräfte E und E' den Unterschieden $r' - r$ und $\varrho' - \varrho$, d. h. den Längen der durch den Rheostat abgeschnittenen Drähten proportional sind.

3) Wurden drei Danielische Elemente von ungleicher Größe nach einander eingeschalten, so waren dieselben Umgänge des Rheostat nothwendig um die Nadel von 45° auf 40° zurückzubringen. — Dieser Versuch ist sehr wichtig, weil er zeigt, daß der durch das Agometer hervorgebrachte Widerstand der Dichtigkeit der Elektricität aber nicht der Quantität entspricht.

4) Wurden fünf constante Elemente nacheinander miteinander verbunden, so nahmen die Längen des Drahtes, welche die Kräfte im Gleichgewicht zu halten haben, in geradem Verhältniß zu. Wenn für ein Element 30 Umgänge des Rheostats erforderlich waren, so sind für zwei Elemente 61 nöthig. Die elektromotorische Kraft steht daher im geraden Verhältniß zur Zahl der Elemente einer Säule.

5) Es war wichtig die elektromotorische Gegenkraft kennen zu lernen, welche ein eingeschaltetes Voltameter oder eine Zersetzungszelle hervorzubringen vermag. Dieß geschah auf folgende Weise. Es wurde zuerst die elektromotorische Kraft einer kleinen Säule bestimmt und hierauf ein Voltameter, deren Elektroden aus Platin bestanden und welches mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt war, eingeschaltet und hierauf der hierdurch entstandene Widerstand gemessen. — Bei diesen Versuchen ergab sich das interessante Resultat, daß die elektromotorische Gegenkraft bei Säulen von gleichen Elementen zusammengesetzt, sich gleich blieb, gleichviel ob sie aus 3, 4, 5 oder 6 Elementen aufgebaut war.

6) Durch die Beseitigung der Polarisation erhält man die stärkste Wirkung einer Kette, wenn das negative Element durch eine poröse

Scheidewand von dem positiven getrennt und mit einer Auflösung desselben Metalls umgeben ist. Hierbei ist jedoch zu bemerken, daß wenn das negative Element Kupfer ist und die Flüssigkeit, welche dieß Metall umgiebt, eine Kupfersalzlösung, die Wirkung stärker ausfällt, wenn das Kupfer an Salpetersäure gebunden ist, als an einer anderen Säure. Findet am negativen Element eine Gasentwicklung statt, so wird hierdurch die Wirkung der Kette geschwächt.

7) Wheatstone bedient sich, anstatt des in Säure befindlichen amalgamirten Zinks in den Danielischen Ketten, eines porösen Thoncylinders, welcher mit Zinkamalgam angefüllt war. Dieser wurde in eine Auflösung von Kupfervitriol gelassen, in welcher sich eine Kupferplatte befand. Dieß Verfahren gewährt den Vortheil, daß man auch andere Metalle amalgamirt mit Quecksilber zum Aufbau von Säulen anwenden kann. In dieser Beziehung sind folgende Versuche über Ketten interessant, deren Stärke durch Umgänge des Rheostaten gemessen wurden, nämlich:

Kaliumamalgam,	Zinkvitriol, Zink	29	Umgänge
— —	Kupfervitriol, Kupfer	59	—
— —	Platinchlorid, Platin	69	—

Eine noch stärkere Wirkung erhält man, wenn man anstatt Platin eine mit Bleihyperoxyd überzogene Platinplatte als negatives Element anwendet. Schwächer wirkt Manganhyperoxyd.

8) Werden aus drei Metallen zwei Ketten zusammengesetzt, so daß das mittlere das negative Element der ersten und das positive der zweiten ist, so läßt sich durch Addition der Wirkungen beider Ketten die Wirkung derjenigen finden, welche das erste und dritte Metall zur Kette verbunden giebt. Z. B.:

Kaliumamalgam, Zinkvitriol, Zinnamalgam	29	Umgänge
Zinnamalgam, Kupfervitriol, Kupferamalgam	30	—
Kaliumamalgam, Kupfervitriol, Kupferamalgam	59	—

9) Um den Leitungswiderstand zu messen, den Flüssigkeiten darbieten, bedient sich Wheatstone einer Glasröhre, welche inwendig ausgeschliffen ist, so daß ein Stempel darin hin und her bewegt werden kann. Die eine Oeffnung derselben ist mit einem Metallstöpsel versehen, der in einer Platinplatte endiget. Ebenso ist die untere Seite des Stöpsels mit einer Platinplatte versehen. Um nun den Widerstand einer Flüssigkeit zu messen verfährt man folgendermaßen. In dem Rheostat wird eine kleine constante Kette und die Röhre eingeschaltet. Der Abstand des Stempels von der Platte des Stöpsels betrage $1/4''$. Dieser Zwischenraum werde mit der zu bestimmenden

Flüssigkeit angefüllt. Durch Ajustirung des Rheostats wird die Nadel auf einen gewissen Punkt gebracht. Nachdem dieser aufgezeichnet ist, wird der Stempel um 1″ zurückgezogen und der nunmehrige Zwischenraum mit der Flüssigkeit angefüllt. Die Nadel geht jetzt zurück. Durch die Bewegung des Rheostats wird jetzt der Widerstand verringert und die Nadel wieder auf die frühere Stelle gebracht. Die Länge des hierzu gebrauchten Drahts giebt die Größe des Widerstandes der Flüssigkeit. — Man sollte meinen, daß die elektromotorischen Gegenkräfte, welche durch die Zersetzung der Flüssigkeit entstehen, die Richtigkeit der Messung beeinträchtigen würden. Aus dem S. 150 angegebenen Versuche geht jedoch hervor, daß die elektromotorischen Gegenkräfte sich gleich bleiben, wenn auch die elektromotorischen Kräfte sich ändern. Es wird daher die elektromotorische Gegenkraft bei einer 1/4″ Entfernung des Stempels von der Platte der Oeffnung so groß seyn, als bei der von einem Zoll. — Ein anderer hierbei nicht zu übersehender Umstand ist der, daß durch die Zersetzung der Flüssigkeit sich der Gehalt der aufgelösten Theile vermindert und hiermit die Dichtigkeit derselben. Es muß daher der Stand der Nadel gleich in der ersten Zeit des Versuches beobachtet werden. Bei Salzauflösungen läßt sich dieser Uebelstand dadurch vermeiden, daß man Stücke des Salzes in die Flüssigkeit legt, wodurch das, was durch Zersetzung verloren ging, durch Auflösung wieder ergänzt wird.

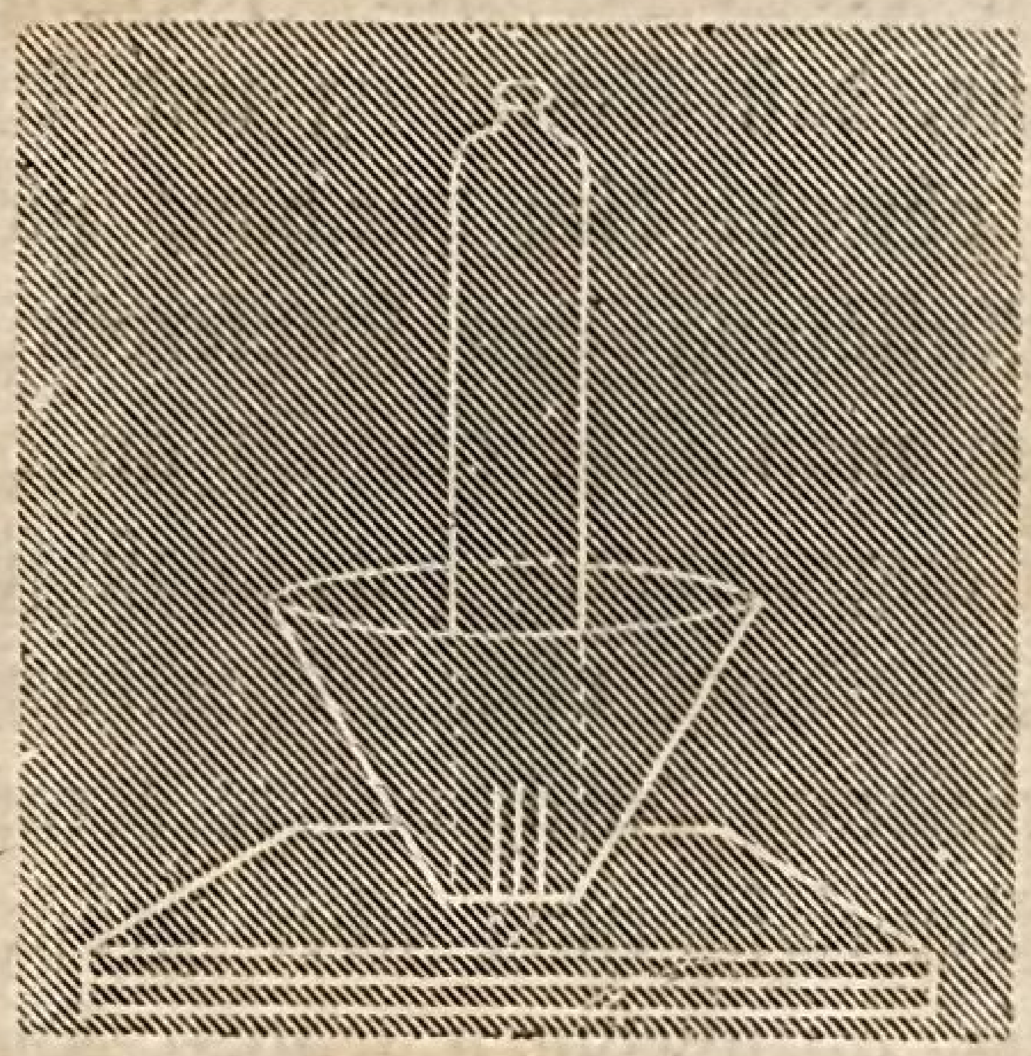
10) Das elektrolytische Gesetz. Obwohl schon in den Ergebnissen der Transportversuche Davy's dieses Gesetz enthalten ist, so muß doch Faraday als derjenige betrachtet werden, welcher zuerst dasselbe durch Zahlen nachgewiesen hat. Man kann dieß Gesetz als aus zwei Theilen bestehend betrachten. Der erste Theil sagt uns, daß wenn ein elektrischer Strom durch mehrere Auflösungen chemischer Verbindungen geleitet wird, von allen gerade ein Atom zersetzt werde. Läßt man den Strom z. B. durch geschmolzenes Chlorzinn, Chlorblei, Chlorsilber und Wasser gehen, welche untereinander durch Platindrähte verbunden sind, so scheiden sich an den negativen Elektroden solche Mengen von Wasserstoffgas, Silber, Blei und Zinn aus, daß diese genau ihren Atomgewichten entsprechen. Der zweite Theil des Gesetzes sagt uns, daß die Menge des Verbrauchs an positivem Element in genauem atomistischen Verhältniß steht zu der Menge der ausgeschiedenen Bestandtheile des Elektrolyts, in welches der Strom geleitet wird. Faraday fand, als er durch eine Säule Wasser zersetzte, daß in jeder Zelle der Säule 32,3 Zink aufgelöst wurde, während ein Gewichtstheil Wasserstoffgas in der Zersetzungszelle entwickelt wurde. Es

ist aber das Verhältniß von 32,3 : 1 genau das von einem Atom Zink zu einem Atom Wasserstoff. — Dieß Gesetz ist von der größten Wichtigkeit und wird einst zum Grundgesetz einer elektrochemischen Statik erhoben werden. Es giebt uns zugleich einen bedeutungsvollen Wink über die Natur der chemischen Verbindungen. Denn wenn gleiche Atome zusammengesetzter Körper durch denselben elektrischen Strom zerlegt werden, so müssen sie auch durch gleiche Kräfte in ihren Zusammensetzungen erhalten werden. Hiernach würde unsere gewöhnliche Ansicht von der Zusammensetzung der Körper eine völlige Aenderung erleiden. Wir würden nämlich anzunehmen haben, daß die chemische Verwandtschaft in allen Verbindungen eine gleiche Stärke habe. Dieß scheint im ersten Moment sehr auffallend. Es ist es jedoch nicht, denn wenn wir die Erscheinungen der chemischen Zersetzung etwas scharf in's Auge fassen, so finden wir, daß Scheidung und Abscheidung in einen Begriff gefaßt werden, obwohl dieß durchaus nicht richtig ist. Setzt man z. B. zu einer Auflösung von Kupfervitriol Salzsäure, so verändert sich die Farbe und man sieht deutlich an der grünen Farbe, welche jetzt die Flüssigkeit angenommen hat, daß sich Kupferchlorid gebildet hat. Hier ist eine Scheidung ohne Abscheidung. Wäre es nun nachweisbar, daß die Abscheidung durch andere Kräfte hervorgebracht werde, so würde unsere Beweisführung über größere oder geringere Verwandtschaft als unrichtig anzunehmen seyn. Dieß ist aber nun wirklich der Fall. Die beiden Kräfte, welche der Verwandtschaftskraft entgegen wirken, sind das Bestreben der Körper gasförmig zu werden und sich der Verbindung zu entziehen und die andere Kraft ist das Bestreben der Körper fest zu werden und hierdurch aus der Verbindung zu treten. Hat die durch das Zusammenbringen einer Verbindung mit einem anderen Körper entstandene neue Verbindung, weder die eine noch die andere Eigenschaft, so findet keine Trennung statt, wohl aber eine Scheidung. — Mehr in die Sprache der Chemie übertragen würde man sagen. Die Elasticität und die Unauflöslichkeit sind als zwei Kräfte zu betrachten, welche der chemischen Verwandtschaft entgegenwirken. Als Beispiel für den ersten Fall können wir die Fällung der Oxyde durch kohlensaure Alkalien betrachten, bei welchen nur ein Theil der Kohlensäure mit den Oxyden in Verbindung tritt, wie bei den Salzen der Talkerde, des Zinkoxyds rc.

Die Elasticität der Kohlensäure überwindet hier die Verwandtschaftskraft der Basen zu ihr, welche durch theilweise Aufnahme der Kohlensäure schon geschwächt worden ist. Als Beispiel für den zweiten Fall können alle die Zersetzungen aufgeführt werden, bei welchen der

sich abscheidende Körper wegen Unlöslichkeit in der Flüssigkeit sich niederschlägt.

11) Um die Stärke der elektrischen Ströme von Säulen zu messen bedient man sich auch Vorrichtungen, Voltameter, mittelst welchen das durch Zersetzung des Wassers sich ausscheidende Knallgas aufgefangen wird. Die Menge des aufgefangenen Knallgases ist proportional der Stärke des Stroms. Die gewöhnlichen Voltameter dieser Art sind so eingerichtet, daß sich zwei gleiche Platinbleche in einem Glase befinden, welches mit einer Gasleitungsröhre versehen ist. Meine Versuche (s. n. Beit. z. Ch. u. Ph. I. 45) haben mich belehrt, daß man bei gleicher Stärke des Stroms mehr Gas bekommt, wenn man anstatt zwei Platinbleche dreie anwendet, wovon die beiden äußersten zur Entwicklung des Wasserstoffgases das mittlere zu der des Sauerstoffgases dient. — Der Grund hiervon ist leicht einzusehen. Da das Wasser durch Verbindung von zwei Volumen Wasserstoffgas mit einem Volumen Sauerstoffgas entsteht und es sich auch wieder in diese Volumen Gase zerlegt, so muß für den Uebertritt der Elektricität zum Wasserstoffgas noch einmal so viel Fläche dargeboten werden, als für den für das Sauerstoffgas.



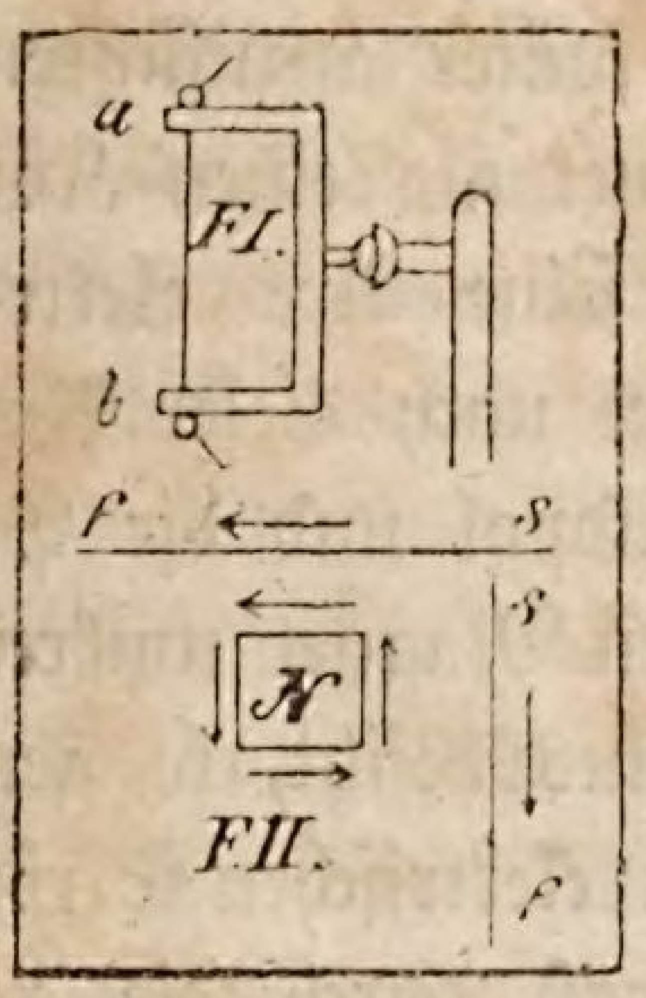
§. 3.

Zurückführung der magnetischen Erscheinungen auf die Anziehung und Abstoßung elektrischer Ströme.

Bevor wir versuchen die magnetischen Erscheinungen auf die Anziehung und Abstoßung elektrischer Ströme zurückzuführen, müssen wir zuvörderst zeigen, wodurch sich der Magnetismus des Leitungsdrahtes von dem gewöhnlicher Magnete unterscheidet. Vergleichen wir beide miteinander, so findet sich, daß bei den Magneten die Kraft stets an gewissen Stellen, Pole, gebunden ist, hingegen wirkt die magnetische Kraft in den Leitungsdrähten vom Mittelpunkt aus nach allen Richtungen hin. Man kann hiervon leicht den Beweis liefern, wenn man einen Draht in Eisenfeile legt, während ein elektrischer Strom hindurch geleitet wird. Es überzieht sich dann seine ganze Oberfläche damit und er erhält die Eigenschaft von dem Magnete angezogen zu werden.

Dieß Auftreten des Magnetismus ohne Polarität erscheint sehr befremdend, da man bei den früher bekannt gewesenen magnetischen

Erscheinungen stets den Magnetismus polarisch auftreten sah. — Zum Verständniß des Zusammenhangs zwischen Elektricität und Magnetismus ist die von Ampère aufgestellte Ansicht unstreitig die genügendste, obwohl man nicht sagen kann, daß sie alle Erscheinungen umfaßte. Ich bediene mich, um die Wirkung des elektrischen Stroms auf die Magnetnadel zu zeigen, einer Vorrichtung, welche untenstehend abgebildet ist. In einem Rektangel von Holz, dessen eine Seite offen ist, ist ein Kupferdraht befestiget ab. Die Enden desselben können mit einem Elektromotor verbunden werden, so daß ein elektrischer Strom hindurchgeführt werden kann. Mittelst der Nuß auf der rechten Seite des Rektangels ist es an ein Stativ befestiget und kann hiemit nach allen Himmelsgegenden bewegt werden. Man kann daher hiemit den Strom auf alle Seiten der Magnetnadel wirken lassen. Die hiermit angestellten Versuche haben zu folgenden Ergebnissen geführt. S. Fig. 2.



1) Wird der Strom in der Richtung von s nach f über den Nordpol einer Magnetnadel hinweggeführt, so wird sich die Spitze derselben heben. Geht der Strom in der entgegengesetzten Richtung so wird sie sich senken.

2) Der Strom gehe in vertikaler Richtung sf. Die Spitze der Nadel wird jetzt abgestoßen, geht also östlich. Geht der Strom in entgegengesetzter Richtung, so wird die Spitze angezogen und geht nun westlich.

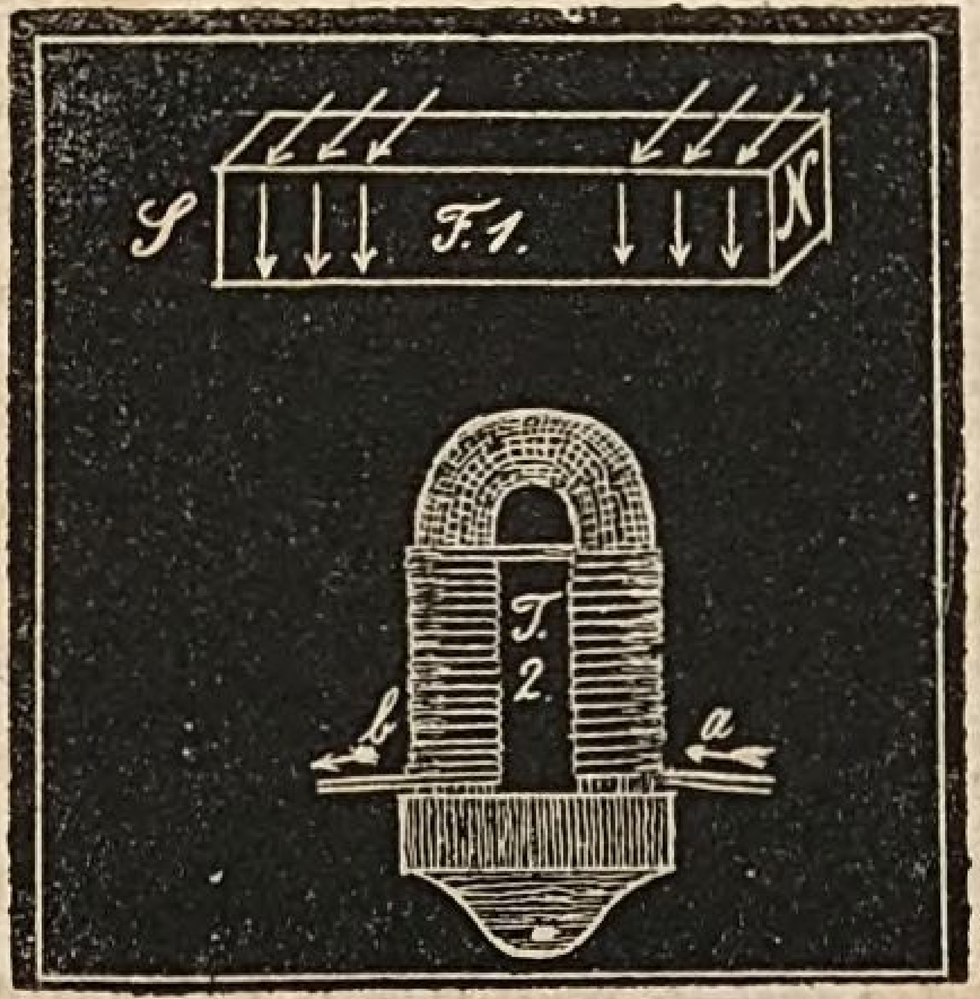
3) Der Strom geht in horizontaler Richtung von Westen nach Osten unter der Nordspitze. Die Spitze der Nadel wird sich heben, wird also abgestoßen. In entgegengesetzter Richtnng gehend, wird sie ein Senken derselben hervorbringen.

4) Der Strom geht in vertikaler Richtung auf der linken Seite der Nadel und zwar von unten nach oben. Die Nadel wird westlich abgestoßen, geht der Strom in entgegengesetzter Richtung, angezogen, östlich bewegt. — In der Kürze läßt sich dieß Verhalten folgendermaßen aussprechen. Führt man den elektrischen Strom durch den Leitungsdraht in der angegebenen Richtung um die Nadel herum, so zeigt sie ein Verhalten, welches genau so ist, als wenn rings um denselben in der durch die Pfeile angegebenen Richtung elektrische Ströme kreisten.

Unsere Kenntniß über diese Beziehung wird ferner durch folgenden Versuch erweitert. Man stelle das bewegliche Drahtrektangel Ampère's so auf, daß seine Ebene zwischen Nord und Süd gelegen und mit einer dem Aequator parallelen Ebene einen spitzen Winkel, etwa

von 45° macht. Unter die untere Seite des Rektangels lege man nun einen Linearmagnet dergestalt, daß seine Axe in der Richtung des magnetischen Meridians liegt. Wird nun durch den Rektangel ein elektrischer Strom in der Richtung geleitet, daß er nach obigen Versuch anziehend auf die Spitze der Mangetnadel wirken würde, so werden wir finden, daß sich das Rektangel dreht und eine solche Stellung einnimmt, daß seine Ebene rechtwinklich gegen die Axe des Magnets sich stellt. Dieß würde aber gerade der Fall seyn müssen, wenn auf der dem Rektangel zugekehrten Seite des Magnets ein Strom liefe in derselben Richtung, in welcher sich der Strom in der unteren Seite des Rektangels bewegt. Denn dann hätten wir zwei gleichlaufende Ströme unter einen spitzen Winkel gegeneinander gekehrt, welche eine anziehende Wirkung ausüben müssen.

Diese Versuche, so wie noch einige andere später anzuführenden haben Ampère zu der Ansicht geführt, den Magnet als einen Körper zu betrachten, um welchen rechtwinklich gegen seine Axe elektrische Ströme kreisen. Figur 1 stellt einen Linearmagnet nach dieser Ansicht vor. In der Figur bezeichnet N Nordpol, S Südpol und die Pfeile die Richtung, in welcher die elektrischen Ströme den Magnet umkreisen. Da aber jedes Theilchen des Magnets, Magnetismus besitzt, so genügt es nicht blos anzunehmen, daß die Oberfläche von elektrischen Strömen umkreist werde, sondern man muß annehmen, daß durch die ganze Substanz desselben Ströme kreisen, parallel denen, welche als auf der Oberfläche vorhanden angenommen werden.



Als eine praktische Bestätigung dieser Ansicht kann man den Versuch anführen weiches Eisen in einem hohen Grad dadurch magnetisch zu machen, daß man einen elektrischen Strom um seine Oberfläche leitet. Es hat dieser Versuch zur Gründung eines Apparats geführt, der mit Recht die größte Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat, ich meine den Elektromagnet. Figur 2 stellt einen solchen dar. Er besteht aus einem hufeisenförmig gebogenen Stück weichen Eisen, um welchen ein Kupferdraht spiralförmig gewickelt ist. Es darf dieser nicht unmittelbar das Eisen berühren, damit der Strom nicht in das Eisen übertritt, sondern es muß die Spirale von dem Eisen durch einen Isolator getrennt werden. Man umwickelt daher das Eisen mit einem Band von Leinewand und überzieht dieß mit einer Auf=

lösung von Schellack in Weingeist. Nachdem dieser Ueberzug trocken geworden ist, wird die Spirale von Kupferdraht darüber geschoben. In der Figur sind a und b die Enden der Spirale, durch welche der Strom eingeführt wird. Nach der Windung des Drahtes läßt sich leicht beurtheilen, welches Ende der Nordpol, welches der Südpol ist. Da die Wirkung dieser Magnete nur im Verhältniß der Quantität steht, so braucht man zu ihrer Erregung nur ein einfaches Element, je größer je besser anzuwenden. Ein Zink- und ein Kupferblech, beide durch Drähte mit dem Elektromagnet verbunden und in verdünnte Säure getaucht sind hinreichend. Kräftiger wirkt ein Element einer Grove'schen oder Bunsen'schen Batterie. — Die Wirkung dieser Magnete übertrifft Alles, was man bisher von Magneten gekannt hat. Das hiesige Kabinet besitzt einen Elektromagnet, welcher bei Anwendung des Elektromotors, welcher zum Aetzen dient, vier bis fünf Zentner trägt. — Eine noch stärkere Wirkung erhält man, wenn man anstatt des Ankers einen Elektromagnet nimmt, den man durch den Strom so magnetisch macht, daß die einander gegenüberstehende Pole ungleichnamig sind und sich daher anziehen. Man hat Elektromagnete dieser Art eingerichtet, welche 2000 Pfund tragen. So wie man den Strom unterbricht hört die Wirkung des Elektromagnets nicht gleich ganz auf. Es bleibt noch etwas Kraft zurück. Ist aber, nachdem der elektrische Strom entfernt worden ist, der Anker vom Elektromagnet getrennt, so ist auch die magnetische Kraft des Elektromagneten völlig verschwunden.

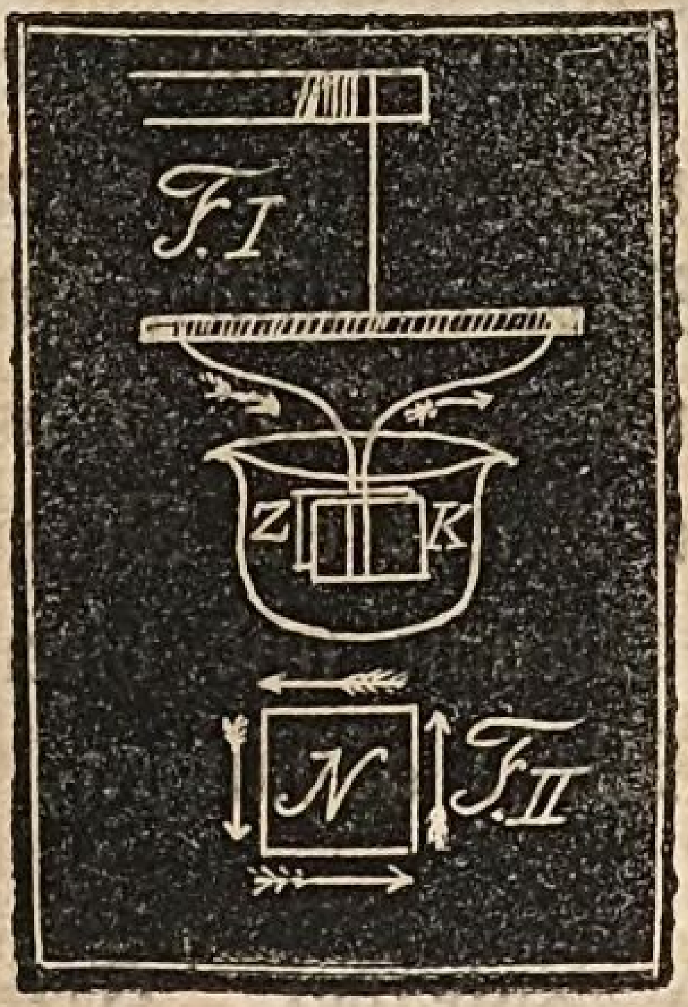
Ferner kann als eine Bestätigung für die Ansicht von Ampère folgender Versuch angeführt werden. Bringt man eine Stahlnadel, z. B. eine Stricknadel, in die Spirale eines Metalldrahtes, (man kann zu diesem Endzweck einen kupfernen Draht um eine Glasröhre wickeln und in dieselbe die Nadel einlegen) und läßt einen elektrischen Strom durch denselben gehen, so wird die Nadel magnetisch. Und zwar bedarf es nur eines einmaligen Durchgangs des Stroms um der Nadel Magnetismus zu geben. Wir werden später erfahren, daß ein elektrischer Strom in einem ihm nahe liegenden Leiter einen Strom erregen kann. Die in der Spirale umkreisenden Ströme müssen daher in der Nadel selbst gleichlaufende Ströme hervorrufen. Und es muß hiernach der Ansicht von Ampère entsprechend die Nadel ein Magnet werden. Dieser zu Folge wird die Richtung der Ströme und hiermit die Natur der Pole der Nadel von der Art und Weise abhängen, in welcher der Draht gewunden ist.

Man unterscheidet rechts und links gewundene Spiralen. Erstere

sind so gedreht, wie die Windungen eines Korkziehers oder die einer Schraube. Die Windungen sind von vorn betrachtet von der Linken zur Rechten gehend. Bei dem linksgewundenen gehen sie von der Rechten zur Linken. Bei einem rechtsgewundenen Draht entsteht der Nordpol da, wo der elektrische Strom eintritt, bei einem linksgewundenen an der Stelle, wo er austritt. Der in der Nadel entstehende Magnetismus wird lediglich durch die Richtung bedingt, in welcher der Strom dieselbe umkreist. Man kann daher durch Verschiedenheit in den Windungen verschiedene Pole hervorrufen.

Nach der von Ampère aufgestellten Ansicht läßt sich nun auch der Versuch von Oerstedt genügend erklären. Es befinde sich ein Leitungsdraht parallel über einer Magnetnadel und es werde durch diesen in der Richtung von Nord nach Süd ein elektrischer Strom geführt. Dieser wird nun auf die in der Magnetnadel vorhanden angenommenen elektrischen Ströme eben so wirken, wie der Magnet drehend auf ein über ihn befindliches von Elektricität durchströmtes Drahtrektangel wirkt. Die Folge davon wird seyn, daß die Magnetnadel sich dreht und sich rechtwinklich gegen die Richtung des Stroms in Draht stellt. Und zwar muß sie sich im vorliegenden Fall östlich drehen, denn nur durch diese Drehung gelangt sie in die Stellung, in welcher die in ihr angenommenen Ströme mit dem im Leitungsdraht gleichlaufend sind.

Nicht genug, daß sich die Abweichung der Magnetnadel durch den Strom erklären läßt, wir sind auch im Stande wirkliche Magnete nach dieser Ansicht aus Drahtspiralen zusammen zu setzen. Wir haben nämlich nur nöthig durch einen spiralförmig gewundenen Draht einen elektrischen Strom hindurch zu leiten, um eine Vorrichtung zu erhalten, welche sich wie ein Linearmagnet verhält. Die Figur 1 zeigt uns einen solchen Apparat. Ein Draht ist spiralförmig um einen runden hölzernen Stab gewickelt und mittelst eines Faden horizontal und leicht beweglich aufgehängt. An das eine Ende des Drahtes ist eine Zinkplatte, an das andere eine Kupferplatte angelöthet. Zwischen beide ist eine Pappplatte eingeschalten und die Metallplatten sind mittelst eines Bindfadens zusammen gebunden. Werden nun die Platten in verdünnte Säure eingelassen, so wird ein Strom erregt, welcher durch die Spirale geht und diese während ihres Durchgangs zum Magneten macht, d. h. sie stellt sich in die Richtung des magne-



tischen Meridians und das eine Ende derselben zeigt Nordpolarität, das andere Südpolarität, wovon man sich leicht durch die Anziehung und Abstoßung überzeugt, welche stattfindet, wenn man einen Magnetpol dem einen oder dem anderen Pol nähert.

Nach diesen ermittelten Beziehungen zwischen Magnetismus und elektrischen Strömen muß nun auch die Ansicht von dem Erdmagnetismus wesentlich verändert werden. Wir werden die Ursache der Richtung der Magnetnadel nicht in den magnetischen Kräften des Nord- und Südpols zu suchen haben, sondern in den elektrischen Strömen, welche die Oberfläche der Erde umkreisen. Und zwar müßten diese Ströme die Richtung von Ost nach West haben. Es sey in der Figur 2 N der Nordpol eines Magnetes und es sollen durch die Pfeile die Richtung der Ströme vorgestellt werden, welche angenommener Weise um denselben herumlaufen. Denken wir uns nun ferner, daß die Magnetnadel anfänglich einen Winkel von 45° gegen die Richtung der elektrischen Ströme von Ost nach West einnehme, so würden die Ströme unter den Magnet vermöge Anziehung zu den auf der unteren Seite des Magnets befindlichen, die Magnetnadel drehen bis sie mit ihnen gleichlaufend wären. Es erklärt sich hieraus vollkommen die Stellung, welche die Magnetnadel in der Richtung des magnetischen Meridians einnimmt.

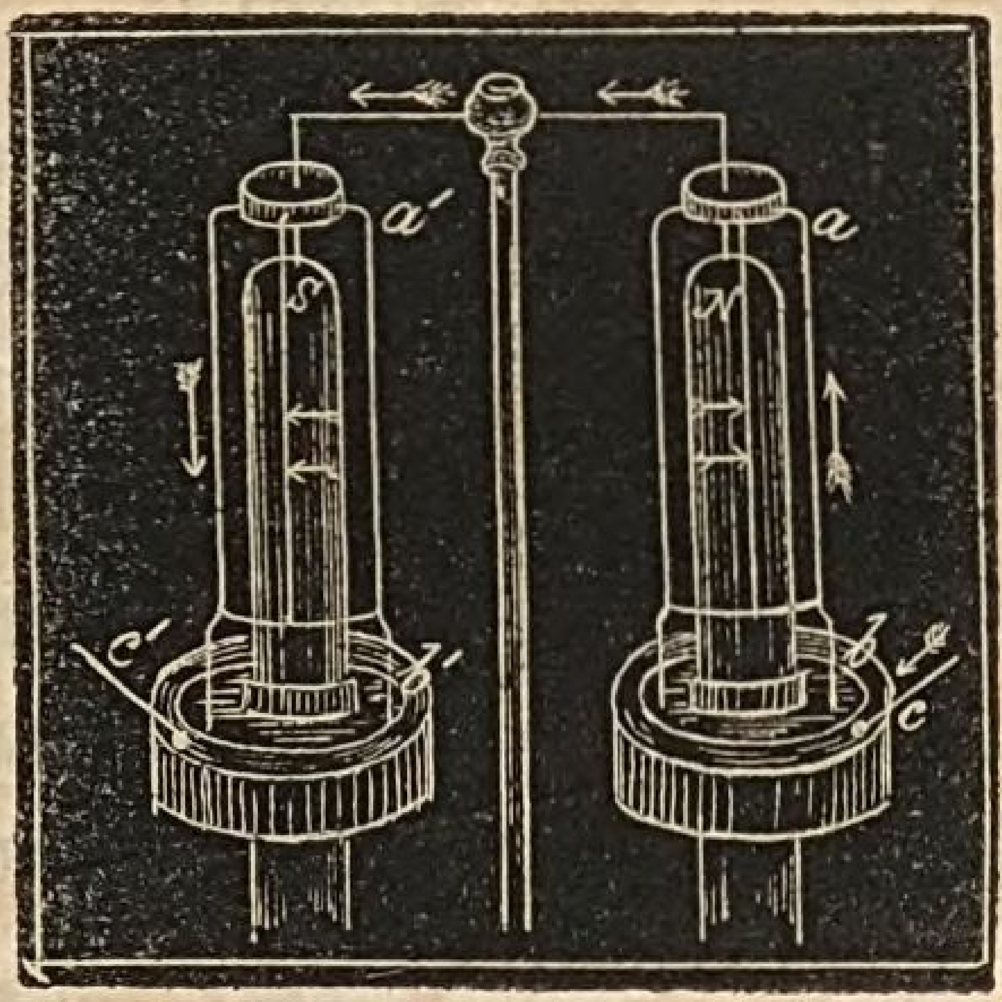
Auch die Erscheinungen der Deklination und Inklination lassen sich mit dem elektrischen Drahtrektangel nachmachen. Läßt man nämlich durch das bewegliche Drahtrektangel, nachdem man es in irgend einen spitzen Winkel gegen den magnetischen Meridian gestellt hat, einen elektrischen Strom gehen, so dreht es sich und stellt sich mit der Ebene rechtwinklich gegen den Meridian. Dasselbe ist der Fall, wenn der Draht nicht ein Rektangel, sondern einen Kreis bildet. Es nimmt also genau die Lage ein, die es einnehmen muß, wenn wir uns das Rektangel als den Durchschnitt einer Magnetnadel denken.

Um die Inklination nachzuahmen muß man ein elektrisches Drahtrektangel anwenden, welches um seine horizontale Axe drehbar ist. Ist es leicht drehbar und geht ein verhältnißmäßig starker Strom hindurch, so nimmt es eine Lage ein rechtwinklich gegen die Richtung der magnetischen Inklination. Wendete man anstatt eines Rektangels eine um einen länglichen Stab gewickelten Spirale von Kupferdraht an, so würde diese bei hinlänglicher Stärke des Stroms sich genau in die Richtung der magnetischen Inklination stellen.

§. 4.

Bewegungen hervorgebracht durch elektrische Ströme und durch Magnetismus.

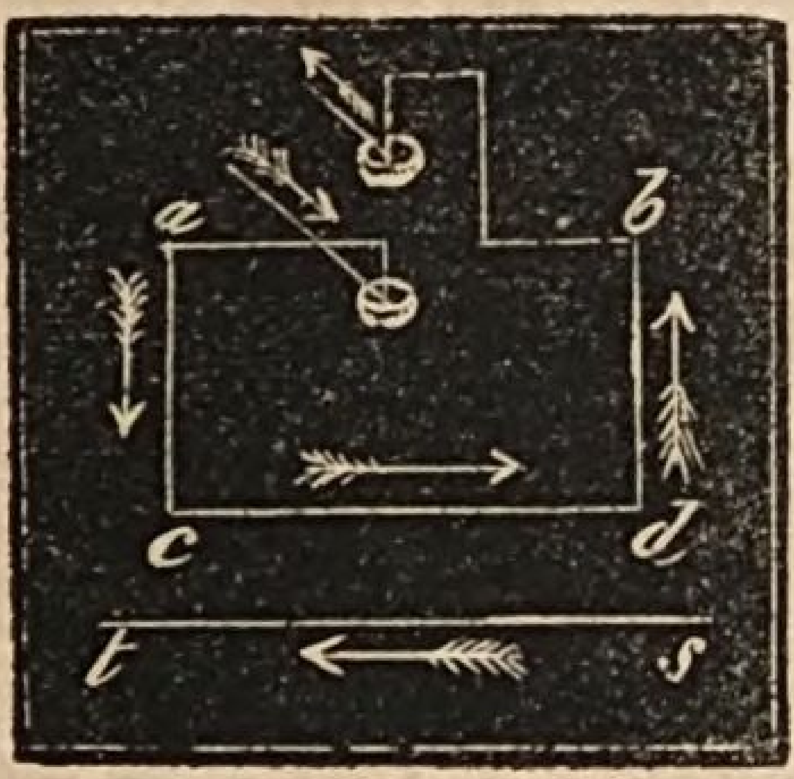
Es ist ein eben so merkwürdiges als unerwartetes Ereigniß, daß Elektricität und Magnetismus in einer solchen Beziehung zu einander stehen, daß durch sie Bewegungserscheinungen hervorgebracht werden können. Als Ausgangspunkt für diese Klasse von Erscheinungen kann die Thatsache angeführt werden, daß zwei rechtwinklich gegen einander laufende Ströme eine Bewegung hervorbringen, wenn der eine der Körper, durch welchen der Strom geht, leicht beweglich ist. Diese Erscheinung kann leicht mittelst des Apparats hervorgebracht werden, welchen uns die Figur darstellt. N, S sind die Pole eines aufrecht stehenden hufeisenförmigen Magnets. aa′ sind zu vier Arme umgebogene Drähte, welche mittelst Spitzen auf den Enden der Magnete schweben, die freien nach unten gekehrten Enden reichen in Quecksilber, welches sich in den Rinnen bb′ befindet. Diese Rinnen sind in hölzernen Scheiben, welche in der Mitte eine Oeffnung haben, mittelst welcher sie über die Arme des hufeisenförmigen Magneten hinweggeschoben worden sind. In die Rinnen bb′ wird Quecksilber gegossen. Man bringe jetzt einen Leitungsdraht bei c und einen bei c′ an und lasse den Strom einer kleinen Säule, etwa meiner kleinen Grove'schen aus drei Elementen in Obertassen bestehend durch den Apparat hindurchgehen. Man wird jetzt finden, daß beide Drahtsysteme nach derselben Richtung um die Enden des Magnets herum laufen. Der Grund hiervon ist nach oben angegebener Thatsache leicht einzusehen. Nach der Ansicht von Ampère ist ein Magnet ein Körper, um welchen rechtwinklich gegen seine Axe Ströme kreisen. Die Ströme in dem Theil des Magnets, in welchem sich der Nordpol befindet, sind durch die Pfeile unter N angedeutet, die Ströme in der anderen Hälfte durch die Pfeile unter S. Sie haben also in den beiden Enden des Magnets entgegengesetzte Richtung. Es haben aber auch die die Drähte durchlaufenden Ströme entgegengesetzte Richtung. Daher muß die Wirkung der Ströme in Magnet auf die in den Drähten von derselben Art seyn, d. h. die hierdurch bewirkte drehende Bewegung muß nach einer Richtung erfolgen.



Die Richtung, in welcher die Drehung stattfindet, bestimmt sich auf folgende Weise. Geht der Strom in dem Leitungsdraht, wie auf

der Figur linker Hand abwärts, so dreht sich der Draht in der entgegengesetzten Richtung, in welcher der Strom im Magnet sich befindet, geht hingegen der Strom aufwärts wie in der Figur rechter Hand, so bewegt er sich in derselben Richtung, wie der Strom im Magnet.

Es sey a b c d ein leicht bewegliches Drahtrektangel, durch welches



ein Strom in der Richtung des Pfeils hindurchgeführt wird. Unter denselben wird ein Strom durch den Draht s t geleitet. Ist dieser in einer gewissen Entfernung, so wird der Unterschied in der Wirkung auf den unteren horizontal laufenden und auf den oberen so gering seyn, daß er nicht in Betracht kommt. Hingegen wird die Wirkung des Stromes auf die Ströme in den beiden vertikalen Seiten sehr wesentlich seyn. Die Richtung des Stromes in dem horizontalen Draht ist gegen den in der Seite a c dieselbe, wie bei obigem Apparat auf der linken Seite des Magnets. Es hat daher a c das Bestreben in der Richtung von t nach s sich zu bewegen. Hingegen muß die Seite b d, in welcher der Strom die entgegengesetzte Richtung hat, ein Bestreben haben, auf der Kehrseite der Linie t s von s nach t sich in Bewegung zu setzen. Diese Bewegungen der beiden Seiten des Rektangels bewirken eine Drehung desselben. Es wird sich so drehen, daß a c an die Stelle von b d kommt. Hat man dafür Sorge getragen, daß im Augenblick, wo a c die Stelle von b d einnimmt, der Strom umgekehrt wird, so dreht er sich wieder. Es leuchtet ein, wie auf diese Weise eine beständige Drehung hervorgebracht werden kann.

Man hat dergleichen elektrische Bewegungsapparate verschiedener Art. Die meisten lassen sich auf den Grundsatz zurückbringen, daß zwei rechtwinklich gegeneinander laufende Ströme Bewegung hervorbringen. — So kann auch ein Linearmagnet allein dadurch zum Umdrehen gebracht werden, daß man durch die Mitte desselben längst seiner Axe einen elektrischen Strom führt.

§. 5.

Elektrische Ströme durch Induktion.

Wir verdanken die Lehre von der Erregung elektrischer Ströme durch Induktion dem Engländer Faraday, der sich so wesentliche Verdienste um die in diesem Buche abgehandelten Theile der Physik erworben hat. Derselbe befestigte auf zwei Bretter zwei in ihren Theilen parallel laufende Figuren von Kupferdraht, die Enden des

einen Drahtes verband er mit einem Multiplikator, die des anderen mit den Polen einer Säule. Als er nun, während der elektrische Strom durch den Draht ging, diesen mittelst des Brettes dem ersteren näherte, so deklinirte die Mangnetnadel im Multiplikator. Und zwar zeigte die Nadel einen Strom an, welcher die entgegengesetzte Richtung von dem hatte, welcher durch den Draht des angenäherten Brettes lief. Wurden jetzt die Bretter ruhig einander gegenüber gestellt, so hörte die Wirkung auf, bei der Entfernung des Brettes aber entstand ein neuer Strom, der die entgegengesetzte Richtung von dem früheren hatte. — Diese Elektricitätserregung ist offenbar für die Stromelektricität das, was die Hervorrufung der Elektricität durch Vertheilung für die statische ist. Wir können also sagen, daß jeder elektrische Strom, welcher einem Leiter genähert wird in diesem einen entgegengesetzten Strom erregt und bei der Entfernung einen gleichlaufenden. Daß aber diese Erregung geschieht, wenn zugleich eine Bewegung des Leiters stattfindet, ist eine Sache von der größten Wichtigkeit, weil uns hierdurch ein Fingerzeig gegeben wird, die Elektricität als mechanische Kraft zu benutzen.

Da sich der Magnetismus auf die Wirkung elektrischer Ströme zurückführen läßt, so muß es auch möglich seyn, mittelst Magneten gleiche Wirkungen hervorzubringen. Dieß ist nun auch wirklich der Fall. — Nimmt man eine mit Seide übersponnene Spirale von Kupferdraht, bringt ihre beiden Enden mit einem Multiplikator in Verbindung und steckt in die Spirale einen Linearmagnet, so wird in dem Moment des Einsteckens ein Strom erzeugt, welche die entgegengesetzte Richtung von dem hat, welcher im Magnet nach der Ansicht von Ampère als vorhanden angenommen wird. Erhält man den Magnet ruhend in der Spirale, so geht die Nadel zurück und zieht man den Magnet heraus, so weicht die Nadel in einer Richtung ab, welche anzeigt, daß der Strom in der Spirale gleichlaufend mit dem im Magnet ist.

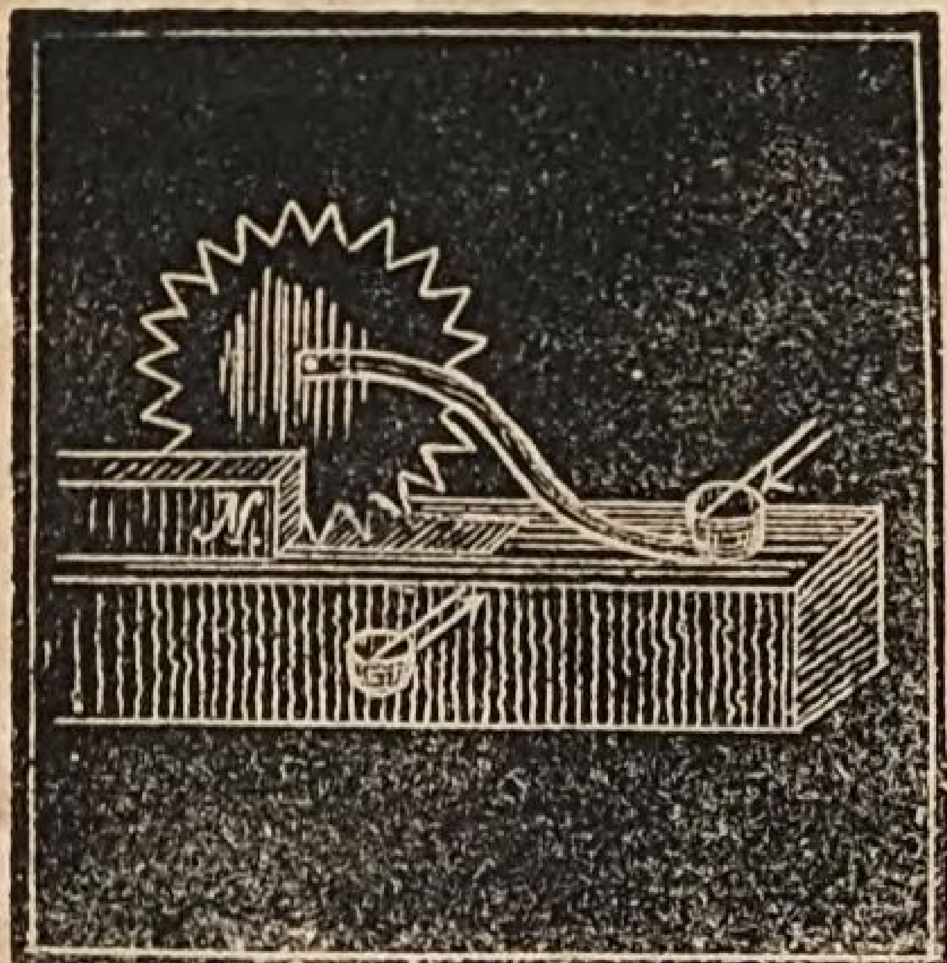
Wird innerhalb eines zu einem Kreis gebogenen Leitungsdrahtes, durch welchen ein elektrischer Strom geführt wird, ein senkrecht darauf befindlicher Leiter bewegt, so entsteht in ihm ein Strom, der von a nach b geht, wenn die Bewegung des Leiters mit dem Strom geht, hingegen umgekehrt, wenn der Leiter die entgegengesetzte Bewegung macht. An die Stelle des gebogenen Leiters kann auch ein Cylinder von Holz, um

welchen ein kupferner Streifen gelegt ist, drehbar um seine vertikale

Axe, gesetzt werden. Befindet sich vor dem unteren Rand des Kupferstreifens ein horizontaler Leitungsdraht, durch welchen ein elektrischer Strom geführt wird, so wird während des Drehens ein Strom in dem Kupferstreifen erregt, der abwärts geht, wenn die Drehung in derselben Richtung erfolgt, in welcher der Strom sich bewegt, hingegen aufwärts, wenn der Cylinder in der entgegengesetzten Richtung bewegt wird.

Man kann auch an die Stelle des Stromes in dem einen Kreis bildenden Leiter die Ströme setzen, welche nach der Theorie von Ampère als die Erde umkreisend angenommen werden. Und zwar können hiermit auf doppelte Weise Ströme erregt werden. Biegt man einen Leitungsdraht zweimal rechtwinklich, wie in obiger Figur und setzt die Enden desselben mit einem Multiplikator in Verbindung, so werden in ihm Ströme entstehen, welche die Nadel in Bewegung setzen werden, wenn seine mittlere Seite a b parallel dem magnetischen Aequator ist und diese rasch von Nord nach Süd bewegt wird. — In diesem Fall laufen die elektrischen Ströme auf der Erdoberfläche parallel mit der Seite a b und bringen während der Bewegung durch Induktion Ströme im Kupferdraht hervor. — Oder man bringt die mittlere Seite a b zwischen Nord und Süd und bewegt diese nun zwischen Ost und West. — Unter diesen Umständen werden Ströme auf dieselbe Weise inducirt, wie in dem Fall, wo ein Leitungsdraht rechtwinklich gegen einen in einem kreisförmigen Draht sich bewegenden Strom bewegt wird.

Da nach angegebenem Versuche in einer Spirale durch Bewegung eines Linearmagneten ein elektrischer Strom inducirt werden kann, so werden wir auch schließen können, daß umgekehrt durch Elektricität und Magnetismus Bewegung hervorgebracht werden könne. Schon der Oerstedtische Grundversuch kann als ein solcher betrachtet werden, durch welchen dargethan wird, daß Elektricität und Magnetismus Bewegung hervorbringen, ebenso der Versuch S. 160. Es läßt sich aber auch noch auf eine andere Weise dieser Zusammenhang nachweisen, ich meine durch das von Barlow angegebene Rädchen. — Ein von Kupferblech mit Zacken versehenes Rädchen ist auf einer Unterlage mit seiner horizontalen Axe leicht beweglich aufgelegt. Die Spitzen der Zacken enden in Quecksilber, welches sich in einer Höhlung



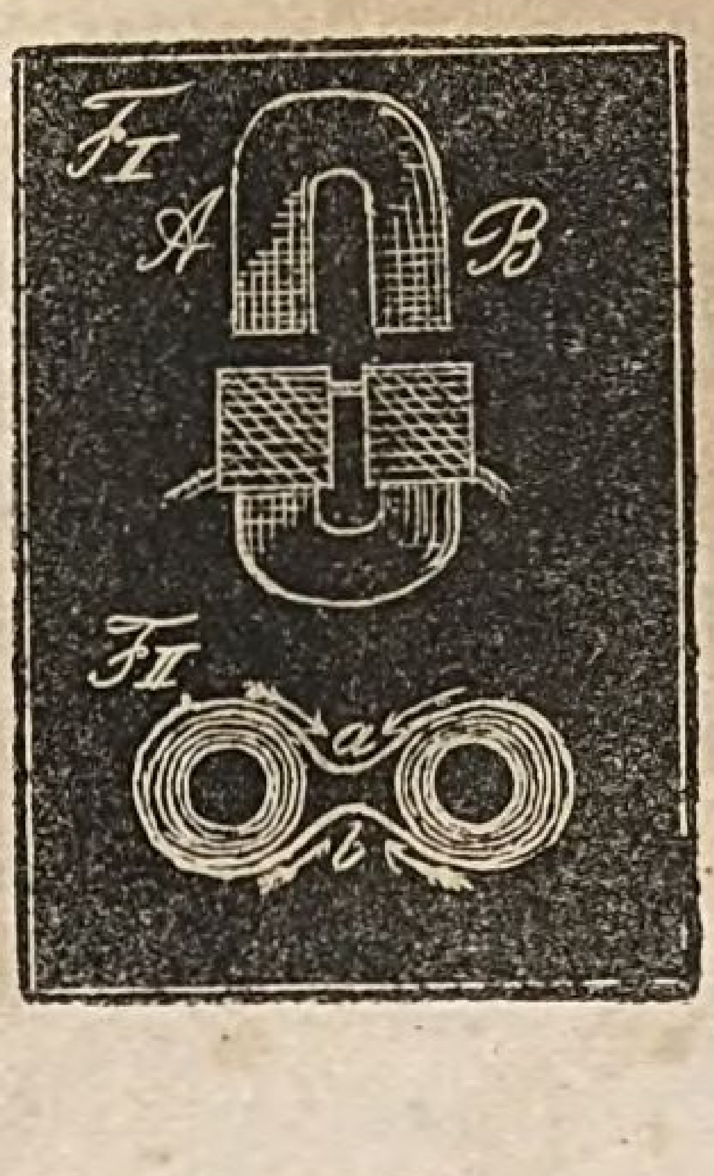
im Boden befindet. Durch die Axe, welche von Metall ist, wird ein elektrischer Strom so in dasselbe geleitet, daß er vom Mittelpunkt des Rädchens nach den Spitzen der Zacken und von da in's Quecksilber geht. Legt man nun einen hufeisenförmigen Magnet so, daß sich das Rädchen zwischen den Polen bewegt, so wird es sich im Moment, wo der elektrische Strom durch dasselbe geführt wird, herumdrehen.

§. 6.

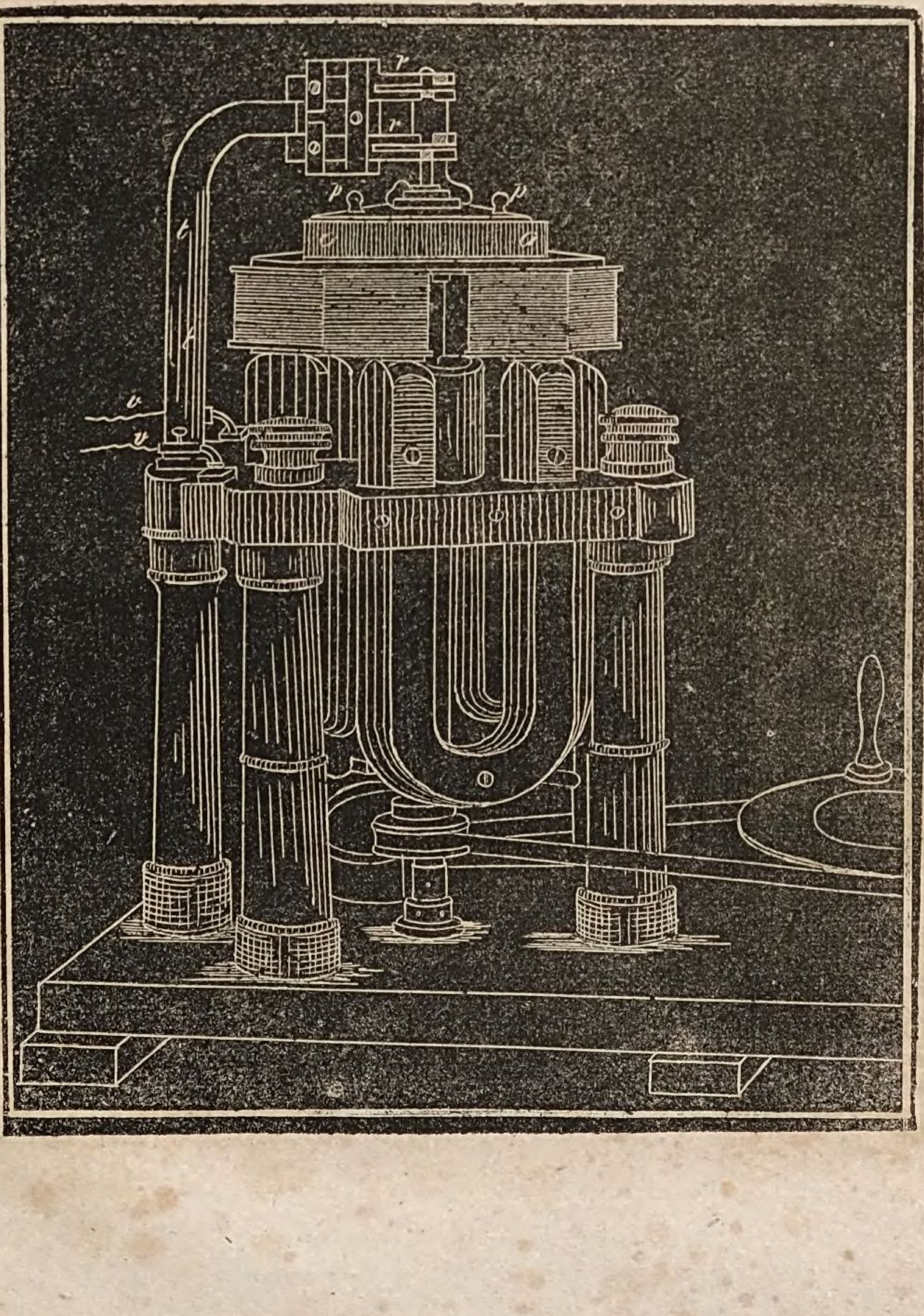
Magnetelektricität.

Bei der Gegenseitigkeit, welche zwischen den Wirkungen der Kräfte stattfindet, war es vorauszusehen, daß so wie durch Elektricität Magnetismus erregt wird, auch umgekehrt durch letztere Kraft Wirkungen der ersteren hervorgerufen werden müsse. Wir haben bereits gezeigt, wie durch Einschieben eines Magnets in eine Drahtspirale ein elektrischer Strom erregt werden kann. Diese Eigenschaft des Magnets in Drähten elektrische Ströme zu erregen hat die Anzahl der Verfahren Elektricität zu erregen, um eines vermehrt. Nachdem einmal diese Thatsache festgestellt war, kam es nur darauf an, passende Einrichtungen hierzu zu treffen. Um diese zu verstehen müssen wir folgende Auseinandersetzung vorausschicken. Da der Magnet, während er in der Spirale, ruht keine Wirkung hervorbringt, so muß entweder fortwährend der Magnet in Bewegung gesetzt werden oder man muß die Einrichtung treffen, daß das Eisen, welches durch Induktion einen Strom hervorbringen soll, abwechselnd magnetisch gemacht wird. — Die Maschinen zur Magnetelektricität sind daher entweder nach der einen oder der anderen Art eingerichtet.

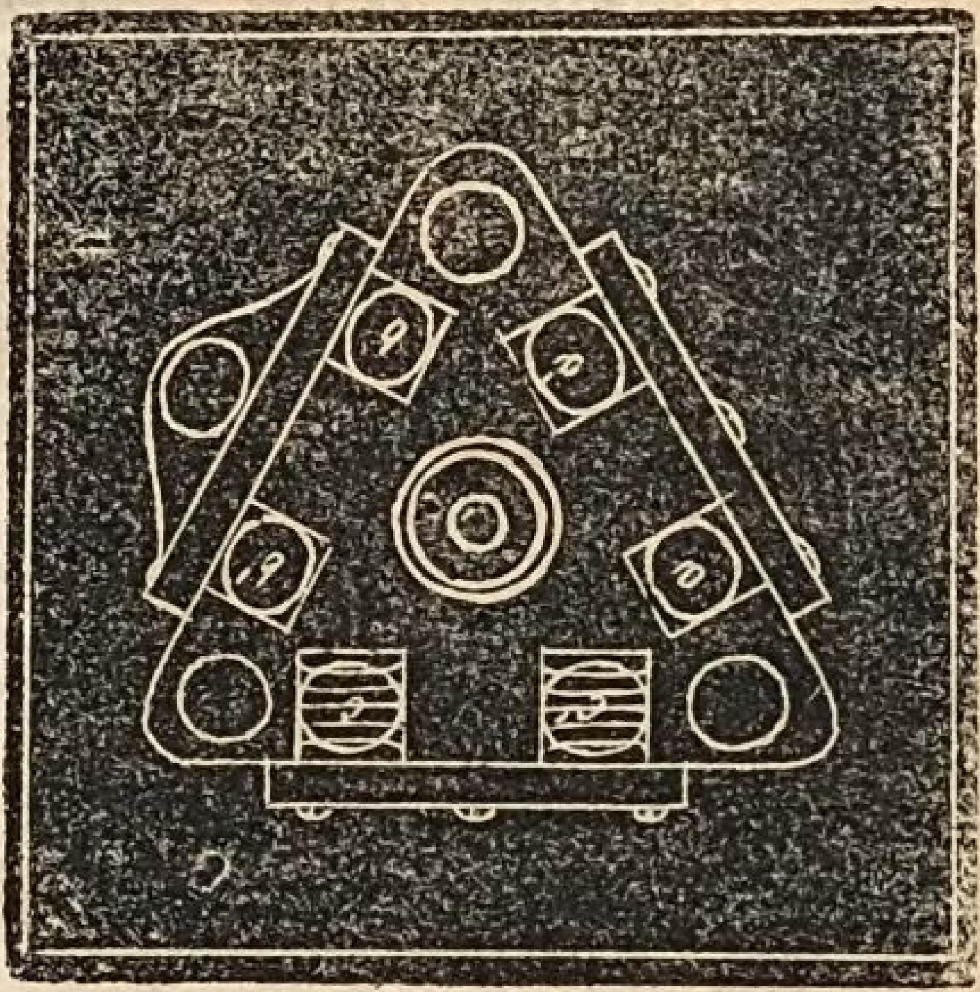
1) Magnetelektrisirmaschinen, bei welchen die Induktion der Ströme durch Magnetisirung von Cylindern von Eisen geschieht, welche durch Vorüberführung an Magnetpolen magnetisch gemacht werden. Es sey AB Fig. I. ein hufeisenförmiger Magnet, ihm gegenüber ein weiches Eisen in Form eines Hufeisens, um dessen Enden mit Seide überzogene Kupferdrähte gewickelt sind. Da das weiche Eisen eben so leicht den Magnetismus annimmt als ihn verliert, so wird im Moment, wo im weichen Eisen Magnetismus erregt wird, zugleich ein elektrischer Strom in dem Kupferdraht entstehen. Es ist also gerade so, als wenn ein Linearmagnet in die Kupferspirale eingesteckt worden wäre. Da nun in den beiden Enden des hufeisenförmigen Eisens zwei entgegen=

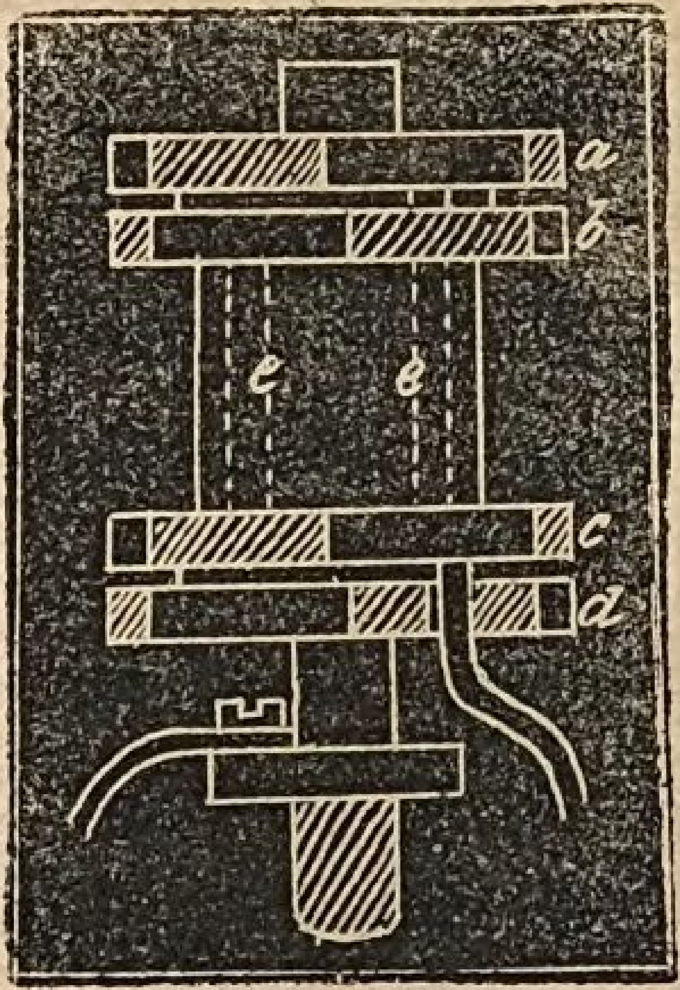


gesetzte magnetische Pole hervorgerufen werden, so erregen diese auch im Moment ihres Entstehens zwei elektrische Ströme in entgegengesetzter Richtung in den um sie gewickelten Kupferdrahtspiralen. Die Figur II. stellt zwei Eisenkerne mit darum gewickelten Spiralen vor. Wegen der Entgegengesetztheit in der Richtung der Ströme ist der Strom, welcher beim Nordpol von der Linken zur Rechten geht derselbe, der beim Südpol von der Rechten zur Linken sich bewegt. Werden daher die zwei oberen Enden der Spirale bei a, die zwei unteren bei b vereiniget, so werden stets gleiche Ströme zusammengeführt. — Zur Errichtung einer Magnetelektrisirmaschine kommt es nun blos darauf an, eine passende Einrichtung zu treffen, um die beiden getrennten Ströme anwendbar zu machen. Bei der Beschreibung der hier abgebildeten Maschine wird eine solche auseinandergesetzt werden. Die Maschine ist die von Stöhrer construirte. Die Figur zeigt uns eine Abbildung derselben. Der hauptsächlichste Vorzug dieser Maschine



besteht darin, daß nicht, wie bei den früheren, die Eisenkerne nur vor zwei Polen eines Magnets vorübergeführt werden, sondern daß zu gleicher Zeit sechs solche vor sechs Polen dreier Magnete vorübergleiten und zur elektrischen Induktion gebracht werden. In der Abbildung sieht man nur vier mit Spiralen umwickelte Eisenkerne, die zwei auf der Rückseite befindlichen werden von den vorderen verdeckt. Die hier folgende Figur giebt uns die Maschine von oben betrachtet aa′, bb′, cc′ sind die Pole dreier aufrecht stehender Magnete. Ueber jeden Pol befindet sich ein massiver Cylinder von weichem Eisen, welcher in einem Cylinder von Holz steckt, um den ein mit Seide überzogener Kupferdraht spiralförmig gewickelt ist. Die Kupferdrähte sind von einem Millimeter Stärke. Die zwölf Enden der Spiralen gehen in die Holzbüchse oo und können dort durch Drehung des messingenen Deckels pp, der mit Zeiger und Marken versehen ist, auf vier verschiedene Weisen mit dem Commutator verbunden werden. Um die Art dieser Verbindung zu verstehen muß man wissen, daß die Intensität des Stromes mit der Verlängerung des Induktionsdrahtes zunimmt. Soll daher das Maximum der Intensität erhalten werden, so werden alle sechs Spiralen hintereinander und die Enden mit dem Commutator verbunden, soll das der Quantität erzielt werden, so wird jede Rolle einzeln mit ihren Enden mit dem Commutator vereiniget. Der Commutator oder die Vorrichtung um die Ströme getrennt anwendbar zu machen, besteht aus vier Stahlscheiben abcd, von denen a mit d und b mit c in metallischer Verbindung stehen. Getrennt sind die beiden Systeme von Stahlscheiben durch eine dazwischen geschobene Hülse von Buchsbaumholz. Die Stahlscheiben haben Einschnitte. An die Scheiben liegen federnde Lamellen von Stahl. Durch die Einschnitte wird bewirkt, daß bei jedesmaliger Umdrehung der Strom unterbrochen wird, wodurch Funken sichtbar werden. Die Ableitung der Elektricität aus dem Commutator geschieht durch die erwähnten Stahllamellen, welche gegen die Metallscheiben des Commutators mittelst Schrauben gedrückt werden. Sie sind in der ersten Figur bei rr sichtbar. Von da werden die beiden Ströme getrennt durch den Ständer tt nach den beiden

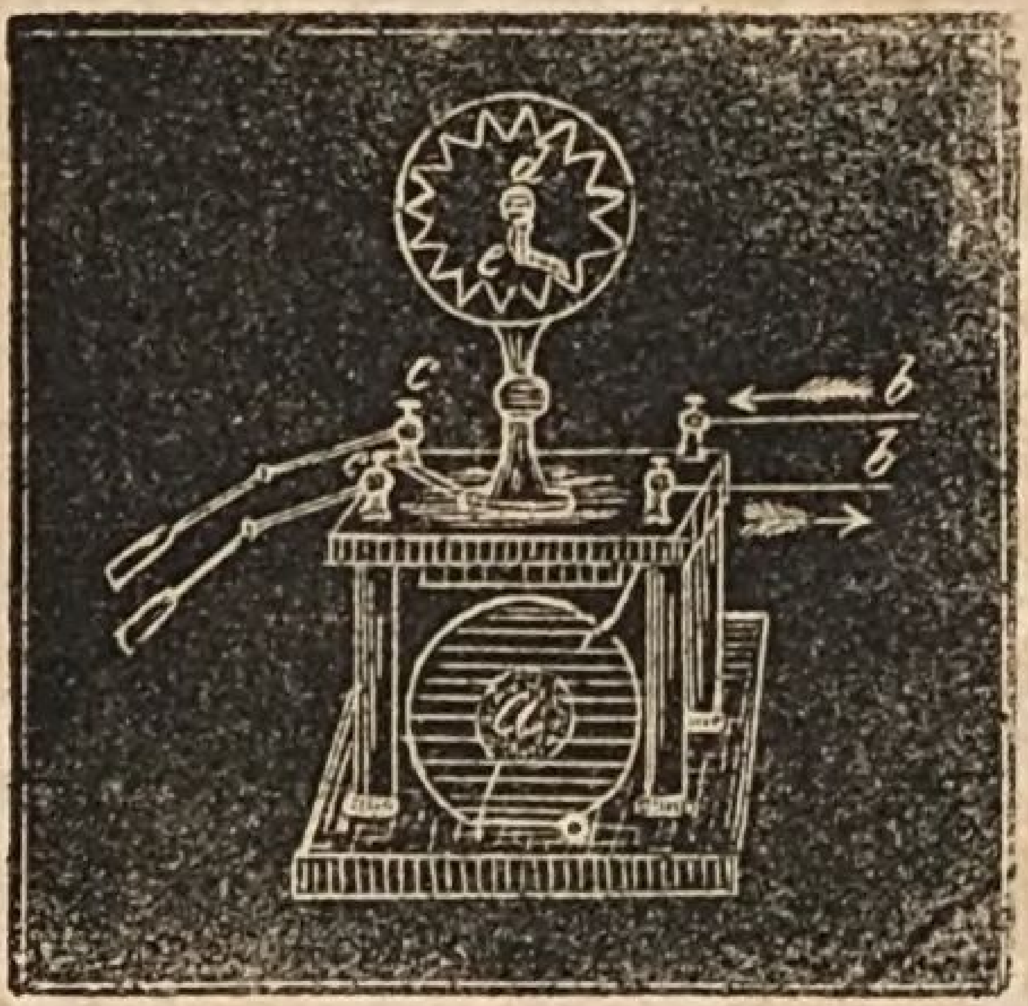




Enddrähten v v geleitet. — Mittelst diesem Apparat lassen sich außerordentliche Wirkungen hervorbringen. Unter günstigen Umständen können Funken von 8 bis 10 Zoll Länge erhalten werden. Ein Platindraht von 1/4 Millimeter Dicke und 12 Millimeter Länge kommt zur höchsten Weißglühhitze. Mit der Verbindung, welche die größte Intensität giebt, können in 110 Sek. 1. C. Z. Knallgas aus Wasser erhalten werden.

2) Magnetelektrisirmaschinen, bei welchen ein elektrischer Strom dadurch inducirt wird, daß ein in einer Kupferspirale befindlicher Eisencylinder mit Abwechselung zu einem Elektromagnet gemacht wird. Die Verschiedenheit, welche in der Einrichtung dieser Maschinen stattfindet, beruht in der verschiedenen Art den elektrischen Strom zu unterbrechen.

α) a ist ein Cylinder von weichem Eisen oder besser eine Anzahl Stäbchen dieses Metalls, um welchen eine mit Selde übersponnener Kupferdraht gewickelt ist, also ein Elektromagnet. Die Enden der Drahtspirale sind in der Figur mit b b bezeichnet. Diese werden mit einem Elektromotor verbunden, hierdurch ein Strom durch die Spirale geleitet und der Eisenkern zum Elektromagnet gemacht. Neben dieser Spirale ist nun noch eine andere von Kupferdraht gewickelt, welche mit der ersteren gleichlaufend ist. Sie endet in die Metallknöpfe c c, in welchen Löcher sich befinden, in welche Leitungsdrähte eingefügt und mit Schrauben befestiget werden können. In der Abbildung sind zwei metallene Handgriffe dargestellt, um den inducirten Strom auf den menschlichen Körper einwirken zu lassen. Die Unterbrechung des elektrischen Stroms geschieht mittelst der Vorrichtung d. Sie besteht aus einem messingenen Kreis welcher nach innen Zacken hat. In der Mitte des Kreises ist eine Axe angebracht, welche mittelst eines Drehers, der auf der nicht sichtbaren Seite der Kreisscheibe ist, herumgedreht werden kann. An dieser Axe ist ein federndes Stängelchen e angebracht. Der Strom, welcher durch die erste Spirale geht, wird durch die Axe und dem Stängelchen e zum metallenen Umkreis geführt. Wird nun die Axe herumgedreht, so springt das Stängelchen e von einem Zacken zum anderen und bringt hierdurch eine Unterbrechung des Stroms hervor. In jedem Augenblick, in welchem der Strom durch die Spirale um den Eisenkern geht, macht sie diesen zum Elektromagnet und dieser inducirt nun in der zweiten Spirale einen elektrischen Strom.



β) Eine andere recht sinnreiche Vorrichtung dieser Art ist vom Dr. Neef angegeben worden. Sie zeichnet sich dadurch aus, daß sie selbst die Unterbrechung des Stroms hervorbringt. In der Induktionsspirale aa befinden sich mehrere Stäbchen von Eisen b. Der elektrische Strom geht durch den Draht in die Spirale aa, welche das Eisen b umgiebt und macht dieß zum Elektromagnet. So wie der Eisenkern b magnetisch geworden ist, zieht er die bei d mit einer Schraube befestigte Eisenplatte an. Hierdurch wird die leitende Verbindung bei f unterbrochen und zugleich auch der Strom. So wie aber der Strom unterbrochen worden ist, hört auch der Magnetismus in b auf, die Platte d entfernt sich wieder von b und berührt vermöge des federnden Stängelchens g mit seinem Ende f wieder das leitende Stäbchen e. So wird ein fortwährendes Hin- und Herbewegen des Stängelchens gf hervorgebracht, welches mit einer solchen Schnelligkeit vor sich geht, daß ein Ton wahrnehmbar wird. — Durch diese fortwährende Unterbrechung des Stroms in der ersten Spirale wird, wie bereits gezeigt wurde, in der zweiten um die erste gewickelten Spirale ein Strom inducirt, welcher durch die Drahtenden zur beliebigen Anwendung gebracht werden kann.

Die inducirten Ströme haben eine bedeutende Intensität und zwar wächst diese mit der Verlängerung der Drahtspirale. Es ist hierdurch ein Mittel gegeben die elektrische Quantität in Intensität zu verwandeln. — Eine einfache Kette oder eine Säule von einer geringen Anzahl Glieder giebt keine Wirkung auf den Körper, aber sie kann sogleich sehr wirksam gemacht werden, wenn man sie benutzt, um mittelst ihr einen Strom in der Spirale zu induciren.

§. 7.

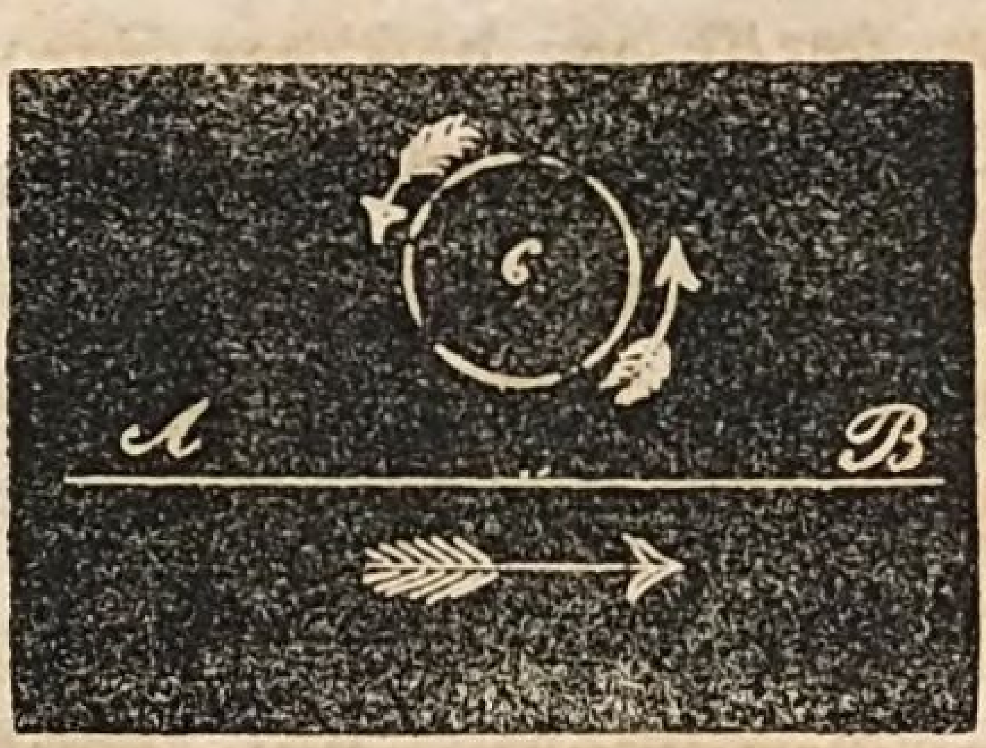
Rotations-Magnetismus.

Wenn man über eine Magnetnadel einen Kupferdraht parallel ihrer durch den Erdmagnetismus bedingten Lage bringt und sie schnell um ihre Mitte herumdreht, so wird in dem Draht ein elektrischer Strom erregt. Dreht man die Nadel von Nord nach West, so entsteht im Leiter ein elektrischer Strom, der von Nord nach Süd geht, hingegen ein umgekehrter, wenn die Nadel von Nord nach Ost gedreht wird. Wir haben früher gesehen, daß der Strom, welcher in einer Spirale inducirt wird, indem ein Magnet in dieselbe gesteckt wird, die

entgegengesetzte Richtung von dem hat, welcher nach Ampère im Magnet vorausgesetzt wird. Diesem folgerecht ist es, daß der Strom, welcher im obigen Versuch im Leitungsdraht entsteht, die entgegengesetzte Richtung von dem hat, welcher die Nadel in die Richtung versetzen würde, welche man ihr selbst giebt. — Eine Abänderung dieses Versuchs ist folgende. An die rechte und linke Seite eines Kupferstreifens werden zwei Leitungsdrähte angebracht, deren Enden mit einem Multiplikator in Verbindung sind. Bewegt man nun diesen Streifen rechtwinklich gegen die beiden angebrachten Drähte an den Polen eines Magnets vorüber, so werden in dem Streifen, parallel mit den im Magnet vorhandenen Strömen, Ströme erzeugt, welche die Nadel des Multiplikators in Bewegung setzen. — Hierher gehört auch der von Faraday angestellte Versuch, elektrische Ströme hervorzubringen durch Bewegung einer Kupferscheibe. Man giebt einer Kupferscheibe eine solche Einrichtung, daß sie sich in vertikaler Richtung um ihre horizontale Axe drehen läßt. Hält man nun gegen den Rand derselben einen Magnet oder besser noch, bringt man den Rand der Scheibe zwischen zwei ungleichnamige magnetische Pole, so entstehen beim Herumdrehen elektrische Ströme in der Scheibe, welche wahrnehmbar gemacht werden können, wenn man dicht hinter dem Magnet an der Scheibe und an der Axe Leitungsdrähte anbringt und diese zu einem Multiplikator führt. Man erhält eine deutliche Vorstellung von der Art und Weise, wie hier elektrische Ströme durch Induktion entstehen, wenn man sich die Kupferscheibe als aus Speichen zusammengesetzt denkt, welche einzeln vor dem Magnet vorübergeführt werden. In diesen werden, wie im obigen Fall elektrische Ströme inducirt werden, welche ihre Richtung nach der Ableitung am Umfang und im Mittelpunkt der Scheibe nehmen.

Hiermit in nächster Verbindung stehen Versuche, welche früher Arago anstellte und die lange keine Erklärung fanden. Arago beobachtete, daß wenn eine Magnetnadel so über eine horizontal gestellte Kupferscheibe aufgehängt wird, daß beide Mittelpunkte übereinander stehen, sie der Bewegung der Scheibe folgt, wenn diese herumgedreht wird. — Nach den bereits mitgetheilten Thatsachen ist es nun leicht eine Erklärung der Bewegung der Magnetnadel zu geben. Wenn bei dem früher beschriebenen Versuch ein Strom entsteht, wenn eine Magnetnadel unter einem parallel laufenden Leitungsdraht um ihre Axe bewegt wird, so muß auch hier in der Kupferscheibe ein Strom hervorgerufen werden. Da wir uns nun jeden Magnet als einen Körper vorzustellen haben, um welchen fortwährend elektrische Ströme kreisen,

so werden diese als die wirkende Ursache zu betrachten seyn. In der beigegebenen Figur ist c der Pol der über der Kupferscheibe schwebenden Magnetnadel, AB die Kupferscheibe. Bewegt sich nun die Scheibe in der angegebenen Richtung, so wird links bei Annäherung an dem Magnet ein entgegengesetzt laufender Strom und rechts bei der Entfernung ein gleichlaufender entstehen. Beide wirken nach einerlei Richtung, der eine abstoßend, der andere anziehend und müssen daher eine Bewegung der Nadel in der Richtung, in welcher die Scheibe gedreht wird, nach sich ziehen. — Aus Versuchen, welche mit Scheiben anderer Metalle angestellt worden sind, hat sich ergeben, daß Kupfer am stärksten auf die Magnetnadel wirkt, Wismuth am schwächsten. — Wenn eine Magnetnadel lothrecht an einem Faden an dem Ende eines Wagbalkens aufgehängt wird und man bringt sie in verschiedenen Lagen über die Scheibe vom Mittelpunkt nach dem Umfang, während sie herumgedreht wird, so hebt sich die Nadel etwas und wird nach der Richtung des Stroms entweder nach dem Umfang der Scheibe oder nach dem Mittelpunkt derselben geworfen. Bewegt man die lothrecht hängende Nadel, während die Scheibe gedreht wird, vom Umfang nach dem Mittelpunkt, so findet man, daß die abstoßende Kraft auf die Nadel abnimmt, jemehr man sich dem Mittelpunkt nähert, daß sie in einer gewissen Entfernung vom Mittelpunkt null ist und dann eine Anziehung gegen diesen zeigt. Im Mittelpunkt selbst ist die Wirkung null.



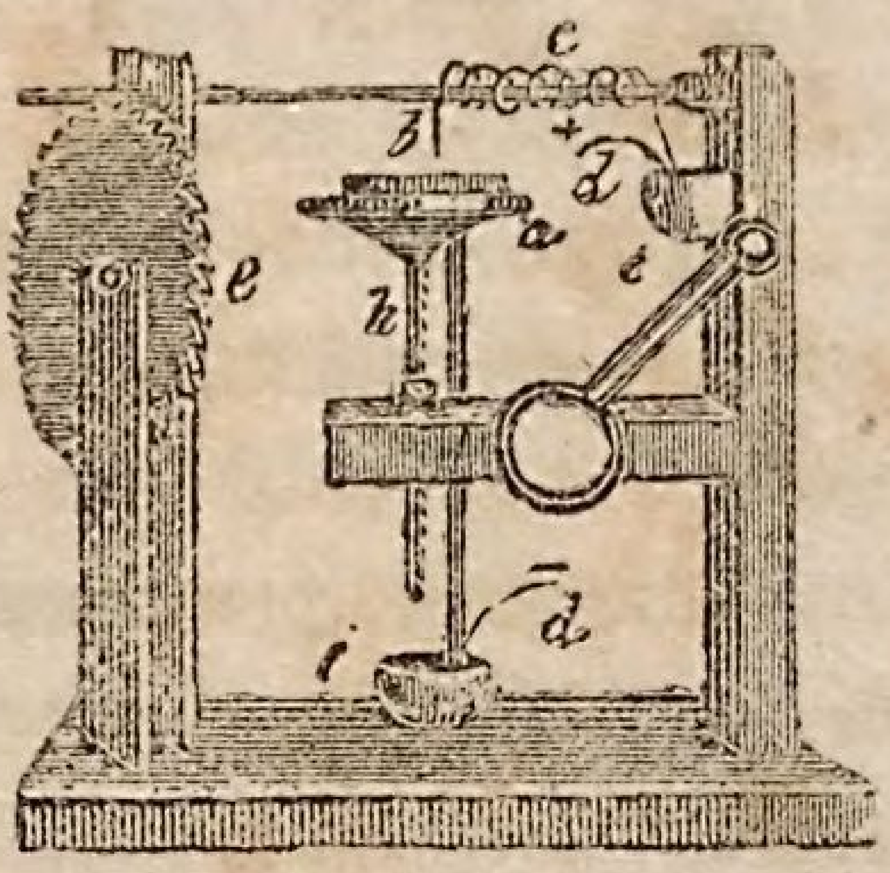
§. 8.

Von dem Extrastrom.

Man lasse durch einen Elektromagnet dessen Drahtenden in Quecksilbernäpfchen tauchen, einen elektrischen Strom gehen, z. B. den des Grove'schen Elements (s. S. 99) und befestige an den beiden Leitungsdrähten zwei metallene Handhaben, womit die Drähte aus den Näpfchen ausgehoben werden können. Man faßt nun die beiden Handhaben mit Händen an, welche zuvor mit Kochsalzlösung befeuchtet worden sind. Unterbricht man jetzt die Kette, indem man die eine Handhabe in die Höhe hält und hierdurch den Leitungsdraht aus dem Näpfchen hebt, so gewahrt man einen Funken und zugleich spürt man eine Erschütterung in den Händen. Diese Erscheinung beobachtet man nicht, wenn man die beiden Näpfchen miteinander verbindet und hierdurch die

Leitung des Stroms durch den Elektromagnet verhindert. Es ist hierbei nicht einmal nöthig, den elektrischen Strom durch den Leitungsdraht eines Elektromagneten gehen zu lassen, schon ein langer Leitungsdraht, mit dem die Kette geschlossen wird, ist hinreichend beim Oeffnen den Funken und den Schlag hervorzubringen. Man nennt diesen Funken zum Unterschied dessen bei dem Schließen einer Säule, den Trennungsfunken. Von diesem bei der Trennung der Leitung entstehenden Strom giebt man gegenwärtig folgende Erklärung. Denken wir uns zwei nebeneinander laufende sich nicht leitend berührende Drähte und nehmen wir an, daß durch den einen ein elektrischer Strom geführt werde, so wird im Moment des Eintretens ein entgegengesetzt laufender in dem anderen entstehen und wenn er unterbrochen wird, ein gleichlaufender. Dasselbe, was in diesen zwei Drähten vor sich geht, soll nun auch in einem sich ereignen. Man denkt sich einen Draht als aus zwei Hälften bestehend, in der einen Hälfte bewegt sich der ursprüngliche elektrische Strom, dieser inducirt in der anderen Hälfte einen entgegengesetzt laufenden und bei der Unterbrechung der Leitung einer gleichlaufenden, welcher sich mit dem ersten summirt. Es leuchtet ein, daß mit der Länge des Drahtes die durch Induktion hervorgerufene Quantität der Elektricität wachsen muß und die Erfolge bei der Trennung in dem Maaß zunehmen müssen. Wenigstens bis zu einem gewissen Punkt. Denn hier wie überall im Gebiet der Elektricitätslehre tritt der Leitungswiderstand der Wirkung entgegen. — Der inducirte gleichlaufende Strom, welcher bei der Trennung entsteht, ist es, welchen man den Extrastrom nennt.

Ich habe vor einiger Zeit Versuche über den Trennungsfunken angestellt und sie in meinen Beiträgen S. 159 beschrieben. Zu diesen bediene ich mich nachstehend abgebildeten Apparats, dem ich den Namen Funkenapparat gegeben habe. e ist eine gezahnte Scheibe von Pappe. c ein bewegliches Stängelchen, an dem ein Platindraht befestiget ist und welches durch das Umdrehen der Scheibe gehoben wird. a ist ein bewegliches Tischchen, auf welchem eine Metallplatte b liegt. h ist ein Streifen Kupferblech, der an dem Tischchen befestiget ist und in dem Quecksilbernäpfchen i endet. Man sieht leicht ein, daß wenn die



Quecksilbernäpfchen mit einem Elektromotor verbunden werden, bei der

Unterbrechung des Stroms der Funke bei b mittelst der Loupe betrachtet werden kann.

Um die Beziehung des Extrastroms gegen den gewöhnlichen recht augenscheinlich zu machen, bediene ich mich folgender Vorrichtung. Der Funkenapparat wird mit einer Säule in Verbindung gebracht. Auf der einen Seite wird eine Induktionsspirale eingeschaltet, auf der andern eine Vorricheung, bei welcher ein dünner Platindraht in Quecksilber taucht. Mittelst Quecksilbernäpfchen kann nun leicht die leitende Verbindung so hergestellt werden, daß der Strom der Säule entweder durch die Induktionsspirale und den Funkenapparat geht, oder mit Ausschluß dieser durch den Platindraht und das Quecksilber. Ist Letzteres der Fall und hat die Säule die gehörige Stärke, so kommt der Platindraht zum Glühen, hingegen wird man einen äußerst schwachen Trennungsfunken im Funkenapparat erhalten. Läßt man hingegen den Strom zugleich durch die Induktionsspirale gehen, so wird der Platinstreifen nicht glühen, hingegen wird ein sehr starker Trennungsfunke beobachtet werden. — Als eine Bestätigung der hier gegebenen Erklärung von der Entstehung des Extrastroms kann der Umstand betrachtet werden, daß der Leitungsdraht stärker wirkt, wenn er spiralförmig gewunden ist, seine Windungen sich aber nicht unmittelbar berühren. In diesem Fall wirkt, während der Strom hindurch geht, eine Windung inducirend auf die andere und ruft hierdurch eine größere Quantität von Elektricität hervor. — Ich muß jedoch bemerken, daß ich ebenfalls eine größere Wirkung des Extrastroms erhielt als ich bei Anwendung des obigen Apparats an die Stelle der Induktionsspirale ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Voltameter einschaltete.

Fünfter Abschnitt.

Beziehungen der Wärme und des Lichtes zur Elektricität. Elektrische Fische. Telegraphie. Bewegungsmaschinen.

---

§. 1.

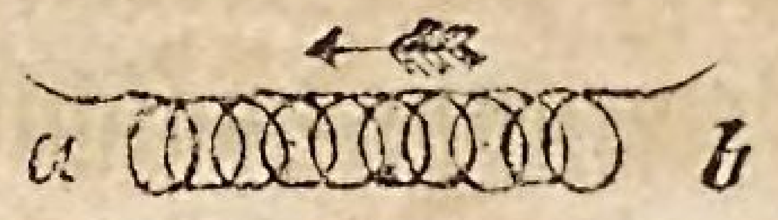
Thermoëlektricität.

Dieser wichtige Theil der Elektricitätslehre wurde durch Seebeck in Berlin gegründet. Er fand, daß sich auch durch Temperaturveränderungen in Leitern elektrische Ströme erzeugen lassen. Wenn man an den Enden eines Stabs von Wismuth oder Antimon ein zweimal rechtwinklich gebogenes Stück Kupferblech löthet und unter der längeren Seite des Kupferblechs eine Magnetnadel frei beweglich aufhängt, so findet eine Deklination derselben statt, wenn eine der Löthstellen erwärmt wird. Diese Abweichung der Magnetnadel kann von nichts Anderem herrühren, als von einem elektrischen Strom, der durch die Erwärmung an der Löthestelle entstanden ist.

Aus der Richtung des Stroms ist leicht zu entnehmen, welches Metall durch Erwärmen positiv, welches negativ erregt wird. Man kann hiernach die Metalle in einer Reihenfolge zusammenstellen, entsprechend der elektrischen Spannungsreihe, welche mit dem negativsten anfängt und mit dem positivsten endet. Nämlich: Wismuth, Platin, Blei, Zinn, Kupfer, Gold, Silber, Zink, Eisen und Antimon. Wismuth ist also gegen Platin negativ, Platin gegen ersteres positiv. Versuche haben dargethan, daß chemische Einwirkungen hierbei, wenigstens im gewöhnlichen Sinn nicht stattfinden, Auch bei anderen Körpern als Metallen können durch ungleiche Temperaturen elektrische Ströme erregt werden. So sah Becquerel als er zwei an der einem Seite zugespitzte Cylinder von Thon anwendete, welche mit ihren abgewendeten Enden in eine leitende Flüssigkeit tauchten um die Elektricität abzuleiten, einen elektrischen Strom entstehen, als das heiße Ende des einen gegen das kalte des andern gedrückt wurde. Er fand hierbei, daß der Strom von dem warmen Ende zu dem kalten ging. Ein elektrischer Strom erfolgt ferner, wenn man zwei Metallplatten von

verschiedener Temperatur mit geschmotzenen Salzen, z. B. Borax in Berührung bringt. Der Strom geht hierbei stets vom heißen zum kalten Metall und zeichnet sich durch Stärke aus.

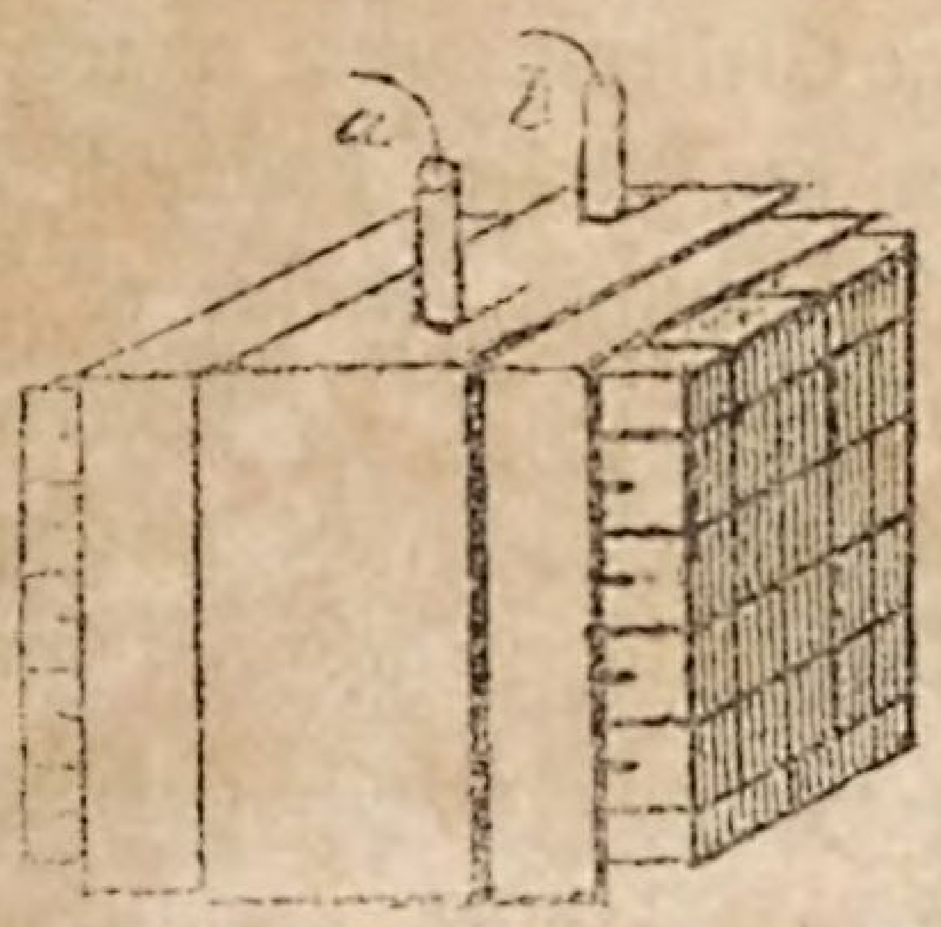
Aber auch in einem Metall allein kann durch ungleiche Temperatur ein Strom erzeugt werden. Wenn man einen Platindraht spiralförmig windet, wie Figur zeigt, die beiden Enden eines Multiplikators damit verbindet und die Spirale bei b erhitzt, so entsteht ein elektrischer Strom, der von b nach a geht. Da dieß nicht der Fall ist, wenn der Draht nicht spiralförmig gewunden ist, so ist offenbar, daß der Strom sich in einer Richtung fortpflanzt, in welcher die Wärme sich am leichtesten mittheilt. Werden zwei zu Spiralen gedrehte Platindrähte an die Enden eines Multiplikators angelöthet und berührt man sie, nachdem das eine erhitzt worden ist, so entsteht ein elektrischer Strom, der vom erhitzten Theil zum kalten geht. In einem kreisförmigen Ring von Antimon oder Wismuth entsteht ein Strom, wenn die eine Seite erhitzt, die andere erkältet wird. In einem Kegel von Antimon oder Wismuth entsteht ein Strom, wenn die eine Hälfte erhitzt und die andere erkältet wird.



Wenn man durch Temperaturdifferenzen elektrische Ströme erregen kann, so müssen auch umgekehrt durch elektrische Ströme solche hervorgerufen werden können. Dieß ist nun auch wirklich der Fall. Wir verdanken diese interessante Entdeckung Peltier. Er beobachtete die Entstehung von Wärme und Kälte, wenn er einen elektrischen Strom durch verschiedene Leiter gehen ließ. Das Maximum der Temperatur erhielt er, wenn der negative Strom von einem guten Leiter zu einem schlechten überging, z. B. vom Kupfer zum Zink und das Minimum durch den positiven Strom.

Eine Verbindung zweier Metalle um durch Erwärmen Elektricität zu erregen nennt man eine thermoelektrische Kette und eine Vereinigung mehrerer solcher Ketten eine thermoelektrische Säule oder ein thermoelektrisches Magazin. Auch hier gilt, wie bei der Spannungsreihe durch die Berührung, daß die beiden Metalle, welche die Enden derselben ausmachen, verbunden die stärkste Wirkung geben. Die Stängelchen von Wismuth und Antimon werden so miteinander verbunden, wie es die Figur

zeigt, das dunkle ist das eine, das helle das andere Metall. Die Figur stellt das thermoelektrische Magazin vor.



Sämmtliche Ketten sind dergestalt miteinander verbunden, daß sie eine zusammenhängende Säule mit Wismuth anfangend und mit Antimon endend ausmachen. Vor ihrer unmittelbaren Berührung sind sie durch einen Ueberzug von Firniß geschützt. Die Drahtenden a und b sind die Pole der Säule. Um die Wärmestrahlen von der einen Seite abzuhalten, bedeckt man sie mit einer Kapsel, welche auf das Magazin aufgeschoben wird. Erhitzt man nun ein solches Magazin von der einen Seite, so wird immer abwechselnd eine Löthstelle erhitzt, während die andere (die auf der bedeckten Seite befindliche) kalt bleibt. Bringt man mit den beiden Enden a und b einen empfindlichen Multiplikator in Verbindung, so erhält man den Thermo-Multiplikator, eine Vorrichtung, mittelst welcher äußerst schwache Temperaturdifferenzen unmittelbar durch die Abweichung der Magnetnadel angezeigt werden. — Zu den thermoelektrischen Versuchen gehören Multiplikatoren von starken Drähten und wenig Windungen.

Sehr merkwürdig sind die thermoelektrischen Combinationen, bei welchen zwischen den Metallenden geschmolzene Salze sich befinden. Werden fünf Platindrähte durch geschmolzene Boraxkügelchen miteinander verbunden und werden die vier Enden der Platindrähte immer zur rechten Hand von Borax erhitzt, so entsteht ein so starker Strom, daß bei Einführung der Enddrähte in verdünnte Schwefelsäure Gas entwickelt wird.

§. 2.

Beziehung des Magnetismus zum Licht.

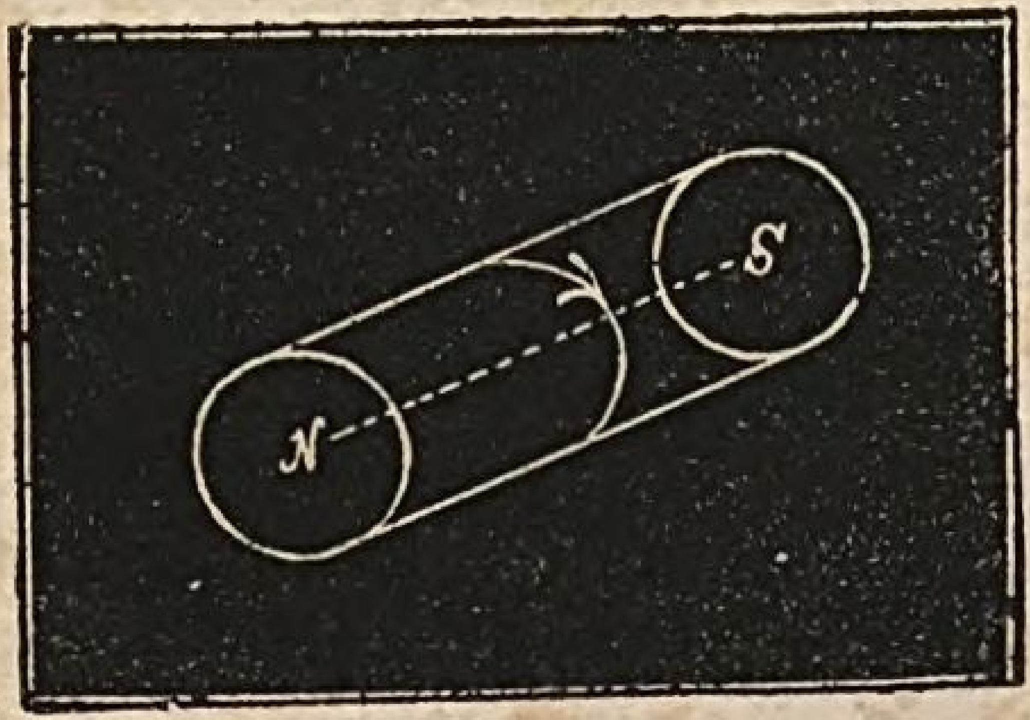
Der schon längst geahndete Zusammenhang zwischen dem Magnetismus und dem Licht ist durch die Versuche von Faraday außer Zweifel gesetzt worden. Und zwar gelang es ihm denselben am polarisirten Lichte nachzuweisen.

1) Durch Reflexion von einem Spiegel wurde ein polarisirter Lichtstrahl erhalten und dieser mit einem Nickolschen Prisma aufgefangen. Durch Umdrehung des Nickols konnten die bekannten Erscheinungen des Auftretens und Wiederverschwindens des reflektirten Lichtstrahls erhalten werden. Diese Erscheinungen erlitten keine Veränderung,

wenn ein viereckiges Stück Glas aus kieselborsaurem Bleioxyd bestehend dazwischen gebracht wurde. Zwischen dem Nickol und dem polarisirenden Spiegel wurden zwei kräftige Elektromagnete angebracht, so daß der polarisirte Lichtstrahl zwischen den Polen hindurch ging. In der Lage, in welcher das Glas gehalten wurde, mußte es daher zugleich den polarisirten Lichtstrahl hindurchlassen und die Wirkungen der Pole des Magnets erleiden. War nun das Nickolsche Prisma so gedreht, daß der Lichtstrahl eben zum Verschwinden gebracht worden war, so wurde er sogleich wieder sichtbar, wenn die Kraft der Magnete durch den elektrischen Strom erregt wurde.

2) Der Charakter der Einwirkung auf den in der diamagnetischen Substanz befindlichen polarisirten Lichtstrahl ist der einer Drehung. Durch die Kraft der Magnetpole wird der polarisirte Lichtstrahl entweder auf die eine oder die andere Seite gedreht, so daß der Nickol gedreht werden muß, um ihn wieder einzuholen. Und zwar wirken hierbei die beiden Pole entgegengesetzt, dreht der eine Pol den polarisirten Lichtstrahl rechts, so dreht ihn der andere links. Auch Stahlmagnete brachten dieselbe Wirkung hervor, jedoch schwächer. In Beziehung auf die Wirkung der Magnetkraftlinien auf den polarisirten Lichtstrahl ist noch zu erwähnen, daß die Magnetlinien ihre Wirkung äußern, wenn sie dem polarisirten Lichtstrahl parallel laufen, dagegen ohne Wirkung sind, wenn sie winkelrecht gegen den Strahl sind.

3) Derselbe Erfolg wurde erhalten, wenn der polarisirte Lichtstrahl durch einen hohlen Eisencylinder ging, in dessen Mitte das Diamagneticum sich befand, welcher durch Umwicklung von Kupferdraht zum Elektromagneten gemacht worden war. Von der Art und Weise, wie die Magnetkraftlinien wirken, erhält man durch nebenstehende Figur eine deutliche Vorstellung. Die Figur stellt das Diamagneticum vor in der Form eines Cylinders. Es sey durch N S der polarisirte Lichtstrahl angedeutet und vor N der Nordpol und vor S der Südpol eines Magneten. In diesem Fall wird der Lichtstrahl in der Richtung des Pfeils gedreht, der in der Mitte des Cylinders angebracht ist.



4) Die Drehung des Lichtstrahls steht im geraden Verhältniß der Stärke der Magnetkraftlinien und scheint im Verhältniß der Länge des Diamagneticums zuzunehmen. — Außer dem erwähnten schweren Glas besitzen auch noch andere Körper diese Eigenschaft, wie Terpentinöl,

Lösungen von Zucker, Weinsäure, weinsaure Salze u. s. w. Diese Körper besitzen schon an sich das Vermögen den polarisirten Lichtstrahl zu drehen. Wird daher der polarisirte Lichtstrahl in ihnen der Wirkung der Magnetkraftlinien ausgesetzt, so ist je nach der Richtung, in welcher diese wirken, diese jener zu zu addiren oder davon abzuziehen. Schraubendrähte ohne Eisenkerne waren von sehr schwacher Wirkung. — Das durch den Strom entstehende Bild hat nicht sogleich seinen vollen Glanz, bei der Oeffnung der Batterie verschwindet es hingegen sogleich.

5) Körper von großer Verschiedenheit besitzen diese Kraft. Borsaures Bleioxyd besitzt ein eben so starkes Drehvermögen als das kieselborsaures. Flintglas hat auch diese Eigenschaft, doch in einem geringern Grad und noch schwächer zeigt sie Kronglas. Flüssigkeiten der verschiedensten Art, Wasser, Alkohol, Aether, geschmolzener Schwefel, Oele, Säuren, Alkalien, Salzauflösungen, kurz alle, welche er der Untersuchung unterwarf, zeigten in einem gewissen Grad diese Eigenschaft. Unter den Gasarten konnte keine gefunden werden, welcher das Drehvermögen zugekommen wäre.

6) Aus der ermittelten Beziehung der Elektricität zum Magnetismus mußte es sehr wahrscheinlich werden, daß ein elektrischer Strom eben so wirken werde, wie ein Magnet. Dieß hat sich auch bestättiget. Es wurden starre Körper so wie Flüssigkeiten in auf beiden Seiten mit Glasplatten geschlossenen Röhren in vielfach gewundene Kupferdrahtspiralen gebracht. Auch hier wurde bei dem Durchgang des Stroms eine Ablenkung des polarisirten Lichtstrahls beobachtet. War der Nickol so gedreht, daß kein Licht mehr wahrgenommen wurde, so erschien beim Durchgang des Stroms das Licht augenblicklich wieder. Hier ist ein Unterschied mit der Wirkung der Magnete, bei welchen das ausgelöschte Licht allmählig zum Vorschein kam. Die Wirkung der Drahtspirale auf das polarisirte Licht konnte verstärkt werden, wenn zwischen der Spirale und dem Diamagneticum ein eiserner hohler Cylinder eingeschoben wurde. Die Wirkung des Eisencylinders nimmt bis zu einer gewissen Dicke zu, hat aber dann seine Grenze erreicht.

7) Das Gesetz, nach welchem der elektrische Strom auf den polarisirten Lichtstrahl wirkt, spricht sich in folgenden Worten aus. Wird ein polarisirter Strahl in einer auf seiner Richtung winkelrechten Ebene von einem elektrischen Strom umkreiset, so erfolgt eine Drehung des Strahls um seine Axe in gleicher Richtung mit der des Stroms und zwar so lange als dieser Einfluß dauert.

Zu diesen bemerkenswerthen Thatsachen hat neuerdings Faraday noch eine neue nicht weniger wichtige hinzugefügt. Er hat nämlich

gefunden, daß die Wirkung der Magnetkraftlinien auf den polarisirten Lichtstrahl verstärkt werden kann, wenn dieser, während er durch das Diamagneticum geht, mehreren Reflexionen ausgesetzt wird. Faraday bediente sich zu diesen Versuchen eines Parallelepipeds von schweren Glas, welches an seinen beiden Enden polirt und versilbert war. Schräg gegenüber wurde von jeder Seite der versilberten Fläche in einer sehr geringen Breite längs der Kante die Versilberung entfernt. Mittelst diesem so eingerichteten Glase konnte ein Lichtstrahl zu einer Seite eingelassen und nachdem er mehrmals reflektirt worden war, zum anderen Ende wieder ausgelassen werden. Es wurde nun ein polarisirter Lichtstrahl hindurchgelassen, während das Glas der Einwirkung eines starken Magneten ausgesetzt wurde. Das erste Bild vom leuchtenden Gegenstand erlitt eine Drehung von 12°; nach der rechten Seite des Beobachters. Bei einer gewissen Neigung des Glases konnte ein Bild beobachtet werden, welches von dem dreimal durch das Glas gegangenen Strahl erzeugt worden war. Jetzt betrug die Drehung 36° und bei einem vierten Bilde, nach nochmaliger Neigung des Glases 60°.

§. 10.

Elektrische Fische.

Ausgenommen einiger wenigen Fälle, in welchen man ein Auftreten der Elektricität in thierischer Körpern wahrgenommen haben will, können gewisse Fische als Thiere aufgeführt werden, bei welchen das Vermögen Elektricität zu entwickeln außer allem Zweifel gesetzt ist. Die Vorsehung hat diesen Thieren ein Organ gegeben, durch welches sie in einem solchen Grad Elektricität erregen können, daß sie die elektrischen Erschütterungen, die sie zu geben vermögen, als Waffe gegen andere Thiere benutzen. Diese Fische sind der Zitteraal, der Zitterrochen, der Zitterwels u. s. w. Entsprechend unseren elektrischen Apparaten sind auch bei ihnen hauptsächlich zwei Stellen, durch welche sich die Elektricität entladet, nämlich der Rücken und der Bauch. Indem man Drähte an Rücken und Bauch anbrachte und hierdurch die Elektricität ableitete, hat man alle die bekannten Wirkungen der Elektricität hervorgebracht, wie chemische Zersetzungen, Wärmeerscheinungen und magnetische. Auch ist es gelungen zwischen den Enden der an dem Rücken und Bauch angebrachten Drähte Funken wahrzunehmen. Hierbei hat es sich gezeigt, daß der Strom vom Rücken zum Bauch geht. In die Luft gebracht erhält man einen Schlag, wenn der Fisch an irgend einen Theil berührt wird. Es ist begreiflich, daß man sich gegen die elektrischen Schläge schützen kann, wenn man die Fische mit

Isolatoren berührt. Auch kann man sie unschädlich machen, wenn man sie auf zinnerne Teller legt. Sie entladen dann ihre Elektricität und es bedarf einer gewissen Zeit bis sie wieder so viel Elektricität angehäuft haben, um Schläge ertheilen zu können. Im Wasser wirken sie mit ihrer elektrischen Kraft in einiger Entfernung und sie sind im Stande kleine Fische in dieser zu tödten. Es erklärt sich dieß aus der Leitungsfähigkeit des Wassers für Elektricität.

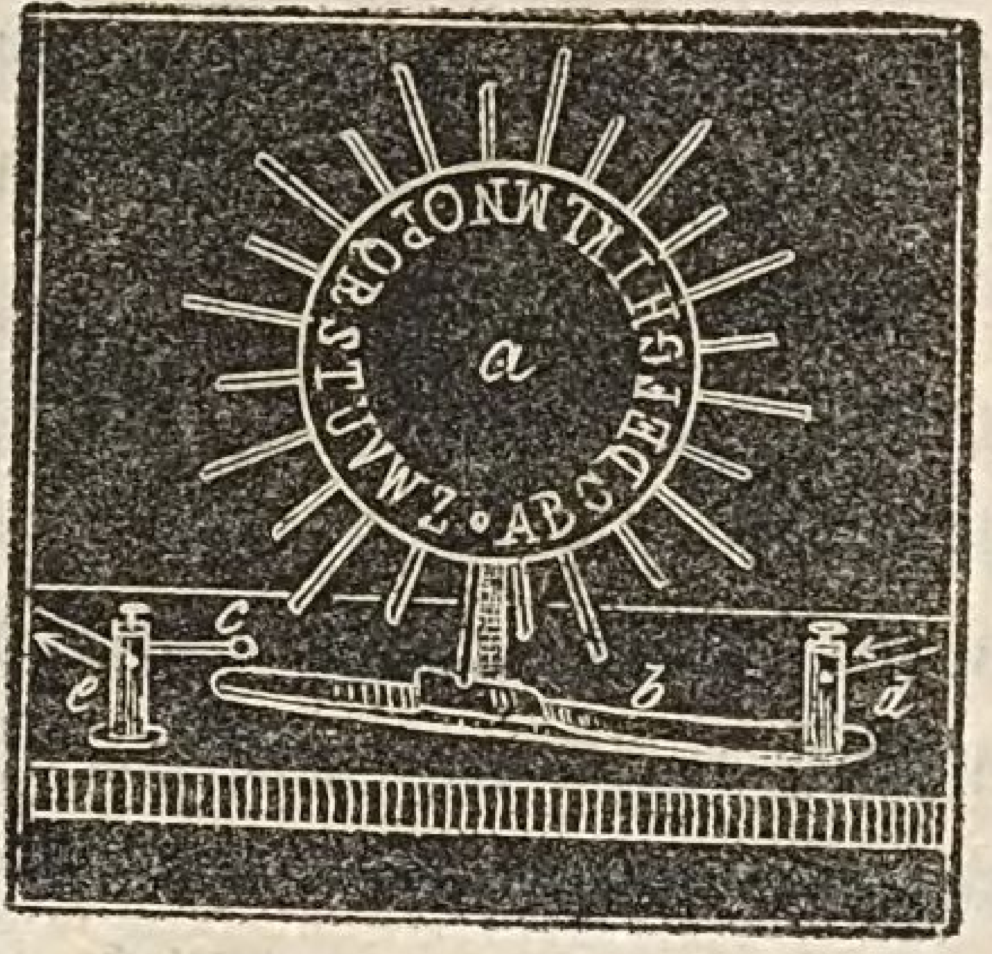
Anatomische Untersuchungen, welchen man diese Fische unterzogen hat, haben gezeigt, daß das Organ, mittelst welchem sie Elektrikität erzeugen, bei allen fast von gleicher Beschaffenheit ist. Das Organ besteht aus einer Menge rundlicher Säulen, welche am Rücken des Thieres sich befinden. Diese Säulen sind aus einer Menge feiner aufeinander liegender Blättchen zusammengesetzt. Sie sind so gerichtet, daß das eine Ende den Rücken, das andere den Bauch berührt. Die Säulen sind durch Schleimschichten von einander getrennt. Die Anzahl dieser Säulen ist sehr groß, man hat an tausend und darüber in ein und demselben gezählt. — Beobachtungen zufolge ist es nicht unwahrscheinlich, daß der Fisch die elektrischen Organe einzeln und verbunden, je nachdem er sie braucht, wirken lassen kann. Bei der Ausübung seiner Kraft richtet sich die Stärke der Schläge, die er austheilt, nach der Beschaffenheit und der Größe der mit ihnen in Berührung gebrachten Leiter. Durch schlechte Leiter erhält man nur schwache, durch bessere stärkere Schläge und diese öfters.

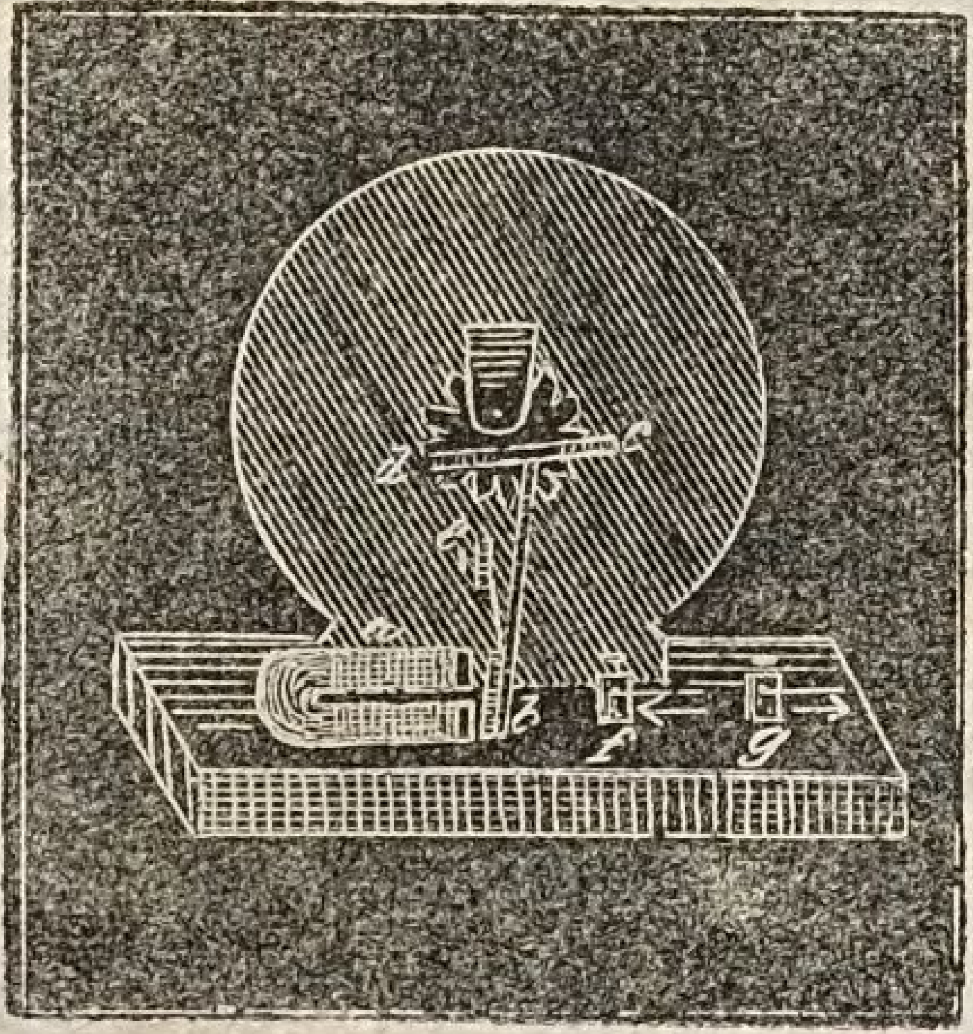
§. 11.

Elektrische Telegraphie. Bewegungsmaschinen.

Daß eine Kraft, welche in ihrer Fortleitung in guten Leitern die Geschwindigkeit des Lichtes übertrifft und so außerordentliche Erfolge in der Hebung großer Lasten zeigt, zu technischen Zwecken benützt werden würde, war bei der gegenwärtigen Richtung der Zeit leicht vorauszusehen. Die erste der hier angeführten Eigenschaft der Elektricität ist mit Glück zur Telegraphie angewendet worden. — Da man durch Drähte die Elektricität beliebig an irgend einen Ort leiten kann, so kam es nur darauf an eine Wirkung der Elektricität da, wo sie hingeleitet wurde, wahrnehmbar zu machen. Dieß ist nun dadurch zu Stande gebracht worden, daß man den elektrischen Strom unterbricht und nach der Unterbrechung wieder eintreten läßt. Um den Strom zu unterbrechen, bedient man sich einer Vorrichtung, welche auf der folgenden Seite abgebildet ist. a ist eine Metallscheibe (Messing), an welcher Zacken von demselben Metall von abwechselnder Größe ange-

bracht sind. d und e sind zwei Ständer von Messing, versehen mit Löcher, in welche die Leitungsdrähte einer Säule eingeschraubt sind. b ist ein federndes Stück Messingblech und c ein Knöpfchen an einem Stängelchen desselben Metalls. Am Umfang der Scheibe a sind die Buchstaben des Alphabets mit Auslassung von x und y angebracht und außerdem noch eine Stelle von der Breite eines Buchstaben mit Null bezeichnet. 24 Stängelchen sind am Umfang der Scheibe angebracht, entsprechend den 23 Buchstaben und der mit Null bezeichneten Stelle. Ist diese Vorrichtung durch die angegebenen Leitungsdrähte mit einer Säule verbunden, so sieht man leicht ein, wie durch Drehen der Scheibe der Strom unterbrochen werden kann. Steht ein kleines Stängelchen dem federnden Stück Messingblech gegenüber, so ist die leitende Verbindung zwischen b und c hergestellt und der Strom ist in seiner Leitung nicht gehemmt. Wird hingegen die Scheibe gedreht, so daß das längere Stängelchen auf b drückt, so wird die Leitung unterbrochen, indem b von c weggedrückt wird. Auf der Station, auf welcher dieser Theil des Apparats, den ich die Drehscheibe nennen will, aufgestellt ist, befindet sich die Säule, welche den Strom giebt, wobei anzuführen ist, daß man es zweckmäßiger gefunden hat, den Strom durch eine Säule hervorzubringen, als durch Magnetismus. Wir wollen annehmen, der Draht bei d wäre mit der positiven Elektrode einer Säule verbunden, in diesem Fall geht der zweite Draht bei e zur nächsten Station. Der Strom, der durch ihn dahin geleitet wird, übt dort seine Wirkung aus und geht mittelst eines dritten Leitungsdrahtes zur negativen Elektrode der Säule zurück.



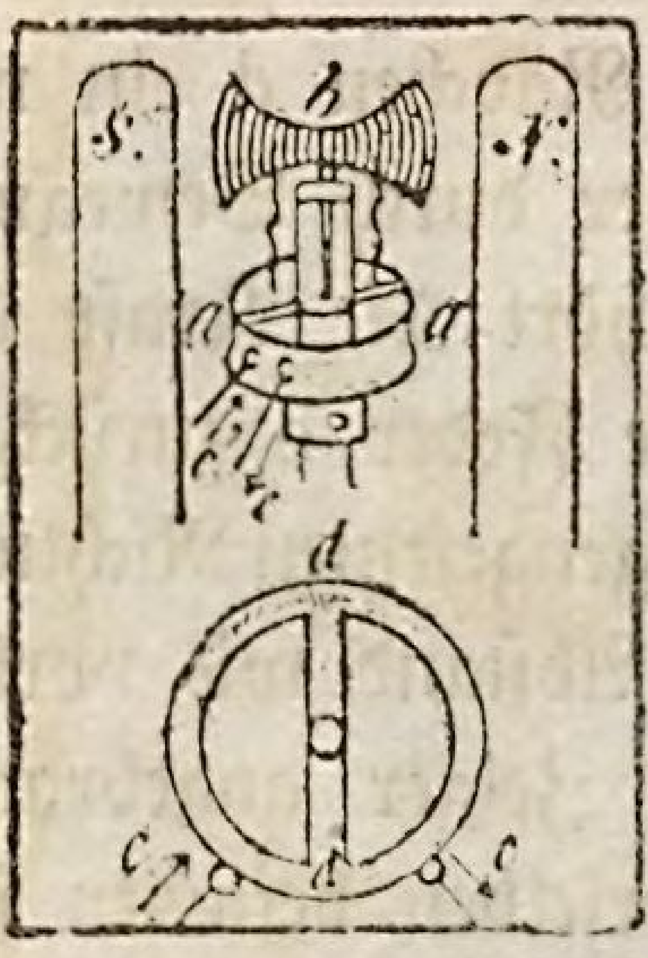


Die Vorrichtung, welche durch den Strom in Bewegung gesetzt und zum telegraphischen Zeiger dienen soll, ist hier von der Kehrseite abgebildet. Durch die beiden Ständer f und g wird der Strom ein- und wieder zurückgeführt. Von f, wo er eintritt, geht er durch die Spirale, welche den Elektromagnet a a umgiebt. Im Moment des Eintretens macht er diesen zum Magnet und dieser

zieht nun die Eisenplatte b an. Hierdurch schneidet der horizontale Stab c, welcher mit Armen versehen ist, in das Rädchen d ein und bewegt es um einen Zinken weiter. So wie aber durch Bewegung der Drehscheibe der Strom unterbrochen wird, hört die Kraft des Elektromagneten auf, die Platte b wird durch die Feder e zurückgedrückt und c rückt, indem es sich nun in der entgegengesetzten Richtung bewegt, das Rädchen d wieder um einen gleichen Abstand wie vorher fort. Auf der anderen Seite der Scheibe ist ein Zeiger angebracht, dessen Axe die des Rädchens d ist. Am Umfang derselben befinden sich dieselben Buchstaben, so wie die mit Null bezeichnete Stelle, wie auf der Drehscheibe. Da auf beiden Vorrichtungen gleiche Zeiger angegeben sind, so entspricht jede Drehung der Drehscheibe um den Abstand eines Stängelchens einem Buchstaben auf der Scheibe des Zeigers.

Außer der so eben beschriebenen Vorrichtung ist noch ein zweiter Elektromagnet mit einem gleichen Bewegungsapparat auf dem Brettchen angebracht, dessen horizontales Stängelchen mit seinem einen Arm innerhalb eines metallenen Glöckchens sich befindet. Durch Leitungsdrähte ist der Elektromagnet dieser Vorrichtung ebenfalls mit der Drehscheibe in Verbindung gesetzt, so daß wie bei dem zuerst beschriebenen ebenfalls eine Bewegung des horizontalen Stängelchens bewirkt werden kann. Es dient diese Vorrichtung um durch Anschlagen an das Glöckchen zuvörderst ein Signal zu geben, um damit anzuzeigen, daß das Telegraphiren beginne. Nachdem diese Anzeige gegeben worden ist, wird die Drehscheibe so gestellt, daß die mit Null bezeichnete Stelle den untersten Platz einnimmt und ebenso wird der Zeiger auf seiner Scheibe gestellt. Wird nun die Drehscheibe in Bewegung gesetzt, so ist die Bewegung auf beiden Scheiben von gleichem Gang und man sieht leicht ein wie durch Innehalten der Bewegung irgend ein Buchstabe auf der Scheibe durch den Zeiger angegeben werden kann. Dieß ist in Kurzem das Wesen der Sache. Die Physiker sind gegenwärtig noch beschäftiget Wege zu ermitteln um die Mittheilungen durch den Telegraphen zu vereinfachen. Es steht zu erwarten, daß eine eben so einfache als praktische Lösung dieser Aufgabe erzielt werde.

Was die durch den elektrischen Strom zu Stande gebrachten Bewegungsapparate betrifft, so läßt sich von ihnen sagen, daß sie den Erwartungen nicht ensprochen haben, welche von vielen gehegt worden sind. Wir geben hier eine Abbildung des von Ritchie angegebenen Apparats, da die späteren nur Nachbildungen desselben sind. Zwischen den Polen eines vertikal stehenden hufeisenförmigen Magnets befindet sich ein geradlinigter Elektromagnet, d. h. ein Stäbchen Eisen, um



welches ein mit Seide übersponnener oder auf andere Weise isolirter Kupferdraht gewickelt ist. Die Enden des Kupferdrahtes gehen in den Behälter a, welcher unter dem Magnet in Aufsicht abgebildet ist. Dieser Behälter ist durch eine Zwischenwand in zwei Kammern getheilt. In diese wird Quecksilber eingegossen. In diese Kammer gehen von außen zwei Drähte c c, durch welche sie mit einer Säule in Verbindung gesetzt werden. Indem nun die Enden des Elektromagnet in die Quecksilberbehälter eingesenkt sind, geht der in diese eingeführte Strom durch die Spirale und macht das Eisen magnetisch. Man leitet nun den Strom dergestalt durch die Spirale, daß die hierdurch entstehenden Pole des Elektromagneten gleichnamig werden mit den ihnen gegenüberstehenden des hufeisenförmigen Magneten. In Folge des Gegenüberstehens gleichnamiger Pole werden die beiden Pole des Elektromagneten nach zwei entgegengesetzten Richtungen abgestoßen, was zur Folge hat, daß der Elektromagnet sich zu drehen beginnt. Würde der Strom dieselbe Richtung behalten, so würde er sich um einen Halbkreis drehen und dann stehen bleiben, weil nunmehr die entgegengesetzten Pole einander gegenüber ständen. Durch die Scheidewand d, welche sich in dem Behälter befindet, wird es jedoch möglich gemacht, daß der Strom sich umkehrt. Es wird nämlich so viel Quecksilber in beide Abtheilungen gegossen, daß die Wölbungen beider Quecksilbermengen höher sind, als die Scheidewand. Hierdurch geschieht es, daß bei der Drehung, welche durch die Abstoßung bewirkt worden ist, die Enden des Drahtes des Elektromagneten über die Scheidewand hinübergehen ohne an dieselbe anzustoßen. So wie aber die Enden der Spirale die Quecksilberbehälter gewechselt haben, kehrt sich auch der Strom um und die Pole werden die entgegengesetzten. Nach der Umdrehung im Halbkreis tritt daher wieder dasselbe Verhältniß ein, wie früher und die Pole werden von Neuem abgestoßen. Dieß bewirkt nun eine fortlaufende drehende Bewegung des Elektromagneten.

Es bedarf keiner starken Kette um diese drehende Bewegung hervorzubringen. Wahrscheinlch ist dieß der Grund gewesen, der bei mehreren die Hoffnung rege gemacht hat, daß hierein ein neues Mittel gefunden worden sey, Maschinen zur Hebung von Lasten, zur Bewegung von Lokomotiven u. s. w. zu Stande zu bringen. Vergleicht man jedoch diese Bewegung mit der, welche durch Dampf, Wasser, Wind oder Zugthiere hervorgebracht wird, so sieht man sogleich einen wesentlichen

Unterschied. Und zwar ist dieser Unterschied ein doppelter. Bei der Bewegung durch letztere Mittel ist die Kraft eine fortwährend in gleichem Maaße wirkende. Indem der Kolben in dem Cylinder einer Dampfmaschine sich hebt, dringt neuer Dampf nach und es erhält sich die Dichtigkeit des Dampfes in dem Cylinder, mithin ihre bewegende Kraft. Die Menge Wasser, welche ein Rad in Bewegung setzt, wird sogleich durch eine neue ersetzt, eben so ist es mit dem Wind und von den Thieren kann angenommen werden, daß sie wenigstens in einem gewissen Zeitraum, ihre Kraft in gleichem Maaß erhalten und in Anwendung bringen. Ganz anders ist es bei der drehenden Bewegung, welche unsere Maschine zeigt. Die Bewegung beginnt in Folge der Abstoßung der gleichnamigen Pole. Diese abstoßende Kraft nimmt aber in einem ungemein starken Verhältniß mit der Entfernung ab, so daß diese nicht sehr groß zu seyn braucht um die Hälfte von der anfänglichen zu betragen. Ebenso muß nun auch die treibende Kraft abnehmen. — Ein zweiter Grund ist, daß bei der drehenden Bewegung der Elektromagnet aus einem Zustand der Abstoßung in einen der Anziehung übergeht. Es muß also ein Moment vorhanden seyn, wo der Elektromagnet nicht mehr einer treibenden Kraft folgt, sondern blos vermöge der Beharrlichkeit sich fortbewegt. — Man sollte meinen, daß die geringste zu bewegende Last in diesem Moment den Elektromagnet zur Ruhe bringen müßte. Dieß ist jedoch deßwegen nicht der Fall, weil auch die Last, welche in Bewegung gesetzt wird, vermöge der Beharrlichkeit sich fortbewegt. Und zwar wird dieß um so weniger Einfluß haben, je schneller die Bewegung ist, weil dann dieser Moment eine um so geringere Dauer hat. — Außerdem ist nun noch die Erzeugung des elektrischen Stroms mit bei Weitem mehr Umständen verknüpft als die Ueberführung des Wassers durch Wärme in Dampfgestalt. Und es steigern sich die Umstände in dem Maaß als die Quantität der Elektricität vermehrt werden muß.

Druckfehler.

S. 61. Z. 1. lies $\frac{q}{s}$ anstatt $\frac{s}{q}$

S. 69. Z. 27. lies §. 8. anstatt §. 7.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Osann, Gottfried Wilhelm,

Grundzüge der Lehre von dem Magnetismus und der Elektricität mit zahlreichen in den Text eingedruckten galvanokaustischen Abbildungen

Würzburg 1847

Bamberg, Staatsbibliothek -- Phys.o.100-a
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11763750-4